



**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D-76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

Emissions-/ Immissionsgutachten

**LUFTREINHALTE-/AKTIONSPLAN
FÜR DEN
REGIERUNGSBEZIRK STUTTGART,
TEILPLAN MARKGRÖNINGEN**

Auftraggeber: Regierungspräsidium Stuttgart
Postfach 800709
70507 Stuttgart

Dipl.-Met. K. Lehner
Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. W. Bächlin

April 2010
Projekt 61540-09-01
Berichtsumfang 60 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	3
1 ZUSAMMENFASSUNG	6
2 AUFGABENSTELLUNG	9
3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN.....	11
3.1 Lagedaten.....	11
3.2 Verkehr	13
3.3 Fahrzeugflotte.....	13
3.4 Emissionsfaktoren	21
3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	21
3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	22
3.4.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen	22
3.5 Meteorologische Daten.....	24
4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN	26
4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte.....	26
4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen.....	28
5 LITERATUR	33
A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION.....	37
A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN- NETZ MARKGRÖNINGEN	45
A3 ERMITTELUNG DER AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN AUF DIE LÄRMEMISSIONEN.....	57

Hinweise:

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug oder anderen Emittenten ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z.B. Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

Jahresmittelwert / 98-Perzentilwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert, 98-Perzentilwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass

er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration. Der Gesetzgeber hat deshalb zusätzlich zum Jahresmittelwert z.B. den so genannten 98-Perzentilwert (oder 98-Prozent-Wert) der Konzentrationen eingeführt. Das ist derjenige Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird.

Die Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (22. BImSchV) fordert die Einhaltung weiterer Kurzzeitwerte in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der 98-Perzentil- bzw. Jahresmittelwerte. Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

Feinstaub / PM10

Mit Feinstaub bzw. PM10 werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.

Emissionsgrenzwerte für Partikel und NO_x mit Geltungsjahr

		Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
PKW	Jahr	1993	1996/97	2000	2005	2009	2014
	Partikel [g/km]	0.14	0.08	0.05	0.025	0,005	0,005
	Jahr	1992	1996	2000	2005	2009	2014
	NO _x Diesel [g/km]	-	-	0.50	0.25	0,18	0,08
	NO _x Benzin [g/km]	-	-	0.15	0.08	0,06	0,06
LKW	Jahr	1992/93	1995/96	2000/01	2005	2008	2012
	Partikel [g/kWh]	0.4	0.15	0.10	0.02	0.02	0.01
	Jahr	1992	1998	2000	2005	2008	2012
	NO _x [g/kWh]	9.0	7.0	5.0	3.5	2.0	0.4

1 ZUSAMMENFASSUNG

Für die Stadt Markgröningen wird derzeit ein Luftreinhalte- und Aktionsplan erstellt. Für die Maßnahmen wurden Berechnungen der zu erwartenden Minderungen der Immissionen im Rahmen der vorliegenden Untersuchung durchgeführt:

- Nullfall** Verkehrssituation im Jahr 2011 ohne Maßnahmen
- M1 (P1)** Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei), kleine Variante (Durchfahrtsverbot auf der Vaihinger Straße).
- M1 (P2)** Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei), große Variante (Durchfahrtsverbot auf der Vaihinger Straße, Münchinger Straße, Möglinger Straße, Asperger Straße und Tammer Straße).
- M1 (P1) und M2, Stufe 1** M1 (P1) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.07.2011, d.h. Kraftfahrzeuge mit gelber und grüner Plakette frei.
- M1 (P2) und M2, Stufe 1** M1 (P2) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.07.2011, d.h. Kraftfahrzeuge mit gelber und grüner Plakette frei.
- M1 (P1) und M2, Stufe 2** M1 (P1) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2013, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei.
- M1 (P2) und M2, Stufe 2** M1 (P2) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2013, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei.

Als Referenzzustand wird in Markgröningen die derzeitige Verkehrssituation ohne Maßnahmen für das Jahr 2011 angesetzt.

Für die Erarbeitung des Luftreinhalte- und Aktionsplans für Markgröningen, wurden für die Maßnahmen M1 (P1) und M1 (P2) Verkehrsbelegungsdaten vorgelegt.

Für den Standort der verkehrsbezogenen Luftmessstationen in Markgröningen werden jeweils die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen auf die Immissionen berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Markgröninger Straßennetzes werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1, Stand 2010 auf der Grundlage der für Baden-Württemberg ermittelten Fahrzeugflotte und mit den aktuellen Erkenntnissen bezüglich nicht motorbedingter PM10-Beiträge die Änderungen der Emissionen und darauf basierend der Immissionen gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt. Betrachtet werden die Schadstoffe NO₂ und PM10.

Für die Prognose der Auswirkungen der Maßnahmen werden im ersten Schritt die Änderungen der Emissionen, d.h. der Schadstofffreisetzungen in den Straßenabschnitten, und im zweiten Schritt die Änderungen der Immissionen berechnet.

Für NO_x-Freisetzungen sind auf den Straßenabschnitten an der Luftmessstation in Markgröningen gegenüber dem Referenzzustand 2011 mit der Maßnahme M1 (P2) im Jahr 2011 ca. 81%, mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 1 im Jahr 2011 ca. 78% und im Jahr 2013 mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 2 ca. 65% der NO_x-Emissionen zu erwarten. Alle genannten Maßnahmen tragen zur Minderung der verkehrsbedingten NO_x-Emissionen bei, wobei an dem Straßenabschnitt der Luftmessstation durch das LKW-Durchfahrtsverbot (M1 (P2)) und mit der Maßnahme M2, Stufe 2 im Jahr 2013 die intensivsten Verringerungen zu erwarten sind.

Die PM10-Emissionen weisen auf dem Straßenabschnitt an der Luftmessstation gegenüber dem Referenzzustand 2011 mit der Maßnahme M1 (P2) ca. 85%, mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 1 ca. 82% und im Jahr 2013 mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 2 ca. 78% auf. Alle genannten Maßnahmen tragen zur Minderung der verkehrsbedingten Partikel-Emissionen bei, wobei an dem Straßenabschnitt der Luftmessstation durch das LKW-Durchfahrtsverbot (M1 (P2)) und mit der Maßnahme M2, Stufe 2 im Jahr 2013 die intensivsten Verringerungen zu erwarten sind.

Bei den PM10-Emissionen ist zu beachten, dass der nicht motorbedingte Anteil durch die betrachteten Maßnahmen nur dann verringert wird, wenn auch die Verkehrsbelastung verringert wird; die Auswirkungen der Maßnahmen hinsichtlich der Verringerung der motorbedingten PM10-Emissionen werden durch die gleich bleibenden Anteile der nicht motorbedingten Beiträge deutlich abgeschwächt, da auch PKW und leichte Nutzfahrzeuge ohne Dieselmotor zu den Aufwirbelungen beitragen.

Die relativen Auswirkungen auf die Immissionen sind gegenüber den Emissionen geringer, da auch nicht verkehrsbedingte Beiträge in den Luftschadstoffbelastungen enthalten sind.

Die PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte) weisen an der Luftmessstation gegenüber dem Referenzzustand 2011 mit der Maßnahme M1 (P2) ca. 94%, mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 1 ca. 92% und im Jahr 2013 mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 2 ca. 91% der Gesamtbelastungen des Jahres 2011 auf. An der Luftmessstation sind durch die Kombination des LKW-Durchfahrtsverbots (M1 (P2)) mit der Maßnahme M2, Stufe 2 im Jahr 2013 die intensivsten Verringerungen zu erwarten.

Für Feinstaub werden auch die Auswirkungen auf die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ bezogen auf die Messdaten betrachtet. Im Referenzfall im Jahr 2011 ist in der Grabenstraße mit ca. 54 Überschreitungstagen zu rechnen, mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2 Stufe 1 sind es ca. 43 und mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2 Stufe 2 ca. 40 Überschreitungstage im Jahr.

Die NO₂-Jahresmittelwerte weisen an den Luftmessstationen gegenüber dem Referenzzustand 2011 mit der Maßnahme M1 (P2) ca. 93%, mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 1 ca. 92% und im Jahr 2013 mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 2 ca. 87% auf. An der Luftmessstation sind durch die Kombination des LKW-Durchfahrtsverbots (M1 (P2)) mit der Maßnahme M2, Stufe 2 im Jahr 2013 die intensivsten Verringerungen zu erwarten.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass mit dem LKW-Durchfahrtsverbot und der durch die Umweltzone vorgezogenen Erneuerung der Kfz-Fahrzeugflotte deutliche Verringerungen der motorbedingten Schadstofffreisetzungen verbunden sind, die auch zu deutlichen Verringerungen der NO₂-Belastungen führen. Da an den Hauptverkehrsstraßen der verkehrsbedingte Anteil an diesen Immissionen hoch ist, werden die Gesamtbelastungen durch Verringerungen der Zusatzbelastungen des Kfz-Verkehrs auch deutlich reduziert. Allerdings zeigen die Berechnungen, dass die Reduzierung der Feinstaubbelastungen durch die zeitliche Entwicklung der Fahrzeugflotte und die betrachteten Maßnahmen einen geringeren Umfang aufweisen, was an den nicht motorbedingten PM₁₀-Beiträgen des Kfz-Verkehrs und dem insgesamt geringeren Anteil der verkehrsbedingten Beiträge an der PM₁₀-Gesamtbelastung liegt.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für die Stadt Markgröningen, für die derzeit ein Luftreinhalte- und Aktionsplan erstellt wird, sollen die Auswirkungen eines LKW-Durchfahrtsverbotes und die Einführung einer Umweltzone untersucht und bewertet werden. Es sind die immissionsseitigen Auswirkungen der Maßnahmen zu prognostizieren. Betrachtet werden die Schadstoffe NO₂ und PM10. Weiterhin sollen die Auswirkungen auf die Lärmbelastung mit Angaben der Pegeldifferenz vorher/nachher, die aus der Lärmemission abgeleitet werden kann, berechnet werden.

Folgende Maßnahmen werden betrachtet:

- Nullfall** Verkehrssituation im Jahr 2011 ohne Maßnahmen.
- M1 (P1)** Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei), kleine Variante (Durchfahrtsverbot auf der Vaihinger Straße).
- M1 (P2)** Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei), große Variante (Durchfahrtsverbot auf der Vaihinger Straße, Münchinger Straße, Möglinger Straße, Asperger Straße und Tammer Straße).
- M1 (P1) und M2, Stufe 1** M1 (P1) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.07.2011, d.h. Kraftfahrzeuge mit gelber und grüner Plakette frei.
- M1 (P2) und M2, Stufe 1** M1 (P2) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.07.2011, d.h. Kraftfahrzeuge mit gelber und grüner Plakette frei.
- M1 (P1) und M2, Stufe 2** M1 (P1) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2013, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei.
- M1 (P2) und M2, Stufe 2** M1 (P2) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2013, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei.

Als Referenzzustand wird in Markgröningen die derzeitige Regelung ohne Umweltzone und ohne Lkw-Durchfahrtsverbot für das Jahr 2011 angesetzt.

Für den Standort der verkehrsbezogenen Messstation in Markgröningen werden die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen auf die Immissionen berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Straßennetzes werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1, Stand 2010 auf der Grundlage der für Baden-Württemberg ermittelten dynamischen Fahrzeugflotte und mit den aktuellen Erkenntnissen bezüglich nicht motorbedingter PM10-Beiträge die Änderungen der Emissionen und darauf basierend der Immissionen gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt.

3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN

Für die immissionsseitige Berechnung der Auswirkungen der Maßnahmen werden basierend auf den Verkehrsbelegungsdaten die auf den einzelnen Abschnitten freigesetzten Emissionen bestimmt und der Ausbreitungsrechnung zugeführt.

Im Februar 2010 wurde das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs – HBEFA –, Version 3.1 veröffentlicht. Damit stellt die Datenbasis des HBEFA, Version 3.1 die aktuelle Emissionsdatenbasis für den Kfz-Verkehr dar. Die Informationen der fahrzeugflottenspezifischen Emissionsfaktoren im Handbuch basieren auf Emissionsmessungen an unterschiedlichen, repräsentativen Kfz mit den entsprechenden Motorenkonzepten sowie einer angesetzten Flottenzusammensetzung der Kfz in Deutschland. Für Baden-Württemberg wurden auf der Grundlage der gemeldeten Kfz auch für die hier zu betrachtenden Jahre 2011 und 2013 die dynamischen Flottenzusammensetzungen prognostiziert (AVISO, 2009) und zur Verfügung gestellt.

Für das verkehrsbedingte Feinstaubaufkommen sind neben den „motorbedingten“ Emissionen auch „nicht motorbedingte“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Beiträge zu berücksichtigen. Dies basiert auf aktuellen Angaben der Fachliteratur.

3.1 Lagedaten

Die Stadt Markgröningen liegt westlich von Ludwigsburg und nördlich des Stadtgebietes von Stuttgart. Südwestlich der Stadt verläuft die B 10 nach Stuttgart. Östlich von Markgröningen verläuft die A 81 von Nord nach Süd.

Die L 1138 verbindet die B 10 mit dem Westen der Stadt Markgröningen. Dort führt sie mit der Vaihinger Straße und der Grabenstraße bis an den östlichen Rand des Stadtzentrums und zweigt dort mit der Bahnhofstraße Richtung Osten bis nach Asperg und nach Ludwigsburg ab. Von Norden her führt die L 1141 ins Zentrum von Markgröningen und wird dort mit der Unterriexinger Straße und der Schillerstraße nach Süden geführt. Südlich des Ortskerns verläuft sie mit der Grabenstraße bis zur Asperger Straße und zweigt dort nach Süden ab, von wo aus sie mit der Münchinger Straße die Stadt Markgröningen nach Süden mit der B 10 verbindet. Die Lage des Betrachtungsgebietes mit dem Ortsbereich von Markgröningen ist in **Abb. 3.1** aufgezeigt.

3.2 Verkehr

Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahmen wird die für das Jahr 2010 prognostizierte Verkehrsbelegung herangezogen (Stahl & Partner, 2007/2010). Basierend auf einer Verkehrsdatenerhebung im Jahr 2008 liegen die DTV-, und LKW-Zahlen vor. Für die Maßnahmen M1 (P1) und M1 (P2) wurden die aus dem LKW-Verbot resultierenden LKW-Zahlen vorgelegt, aus deren Differenzen gegenüber dem Nullfall der Gesamtverkehr und der LKW-Anteil hervorgeht. Diese Verkehrsdaten sind als Übersichtsdarstellung in den **Abb. 3.2** bis **Abb. 3.4** für den Nullfall und die Maßnahmen M1 (P1) und M1 (P2) – Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei) im Stadtgebiet Markgröningen durchgeführt.

Für die Maßnahme M2, Stufe 1, ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.07.2011, d.h. Kraftfahrzeuge mit gelber und grüner Plakette frei und M2, Stufe 2, ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2013, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei, wird die Verkehrsbelegung des Netzes für das Jahr 2010 inklusive jeweiligem LKW-Durchfahrtsverbot vorausgesetzt.

Für den Standort der SPOT-Messstation Markgröningen in der Grabenstraße sind die Verkehrsbelegungsdaten ausgedrückt als Anzahl der Fahrten pro Tag in **Abb. 3.5** (oben) aufgezeigt. Die Angabe der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) beinhaltet alle Kfz; ergänzend ist die durchschnittliche tägliche Anzahl der LKW-Fahrten aufgeführt. In **Abb. 3.5** (unten) ist die relative Änderung bezogen auf den Nullfall aufgeführt, um die Auswirkungen der Maßnahmen aufzuzeigen. Die Maßnahme M1 (P2) führt entsprechend den Annahmen der Verkehrsuntersuchung an der Grabenstraße gegenüber dem Nullfall zu einer geringen Abnahme der Kfz-Fahrten auf 97% und einer deutlichen Abnahme der LKW-Fahrten auf 50%.

3.3 Fahrzeugflotte

Die Zusammensetzungen der dynamischen Fahrzeugflotten, d.h. die Zusammensetzung der auf den Straßen verkehrenden Fahrzeuge, sind für innerstädtische Bereiche der dynamischen Flottenzusammensetzung für Baden-Württemberg (Aviso, 2009) für die zu betrachtenden Bezugsjahre 2011 und 2013 entnommen und in **Abb. 3.6** aufgezeigt. Dabei ist zu beachten, dass die dynamische Fahrzeugflotte nicht direkt vergleichbar ist mit den Bestandszahlen für eine Region, die die statische Flottenzusammensetzung basierend auf den Zulassungszahlen angibt.

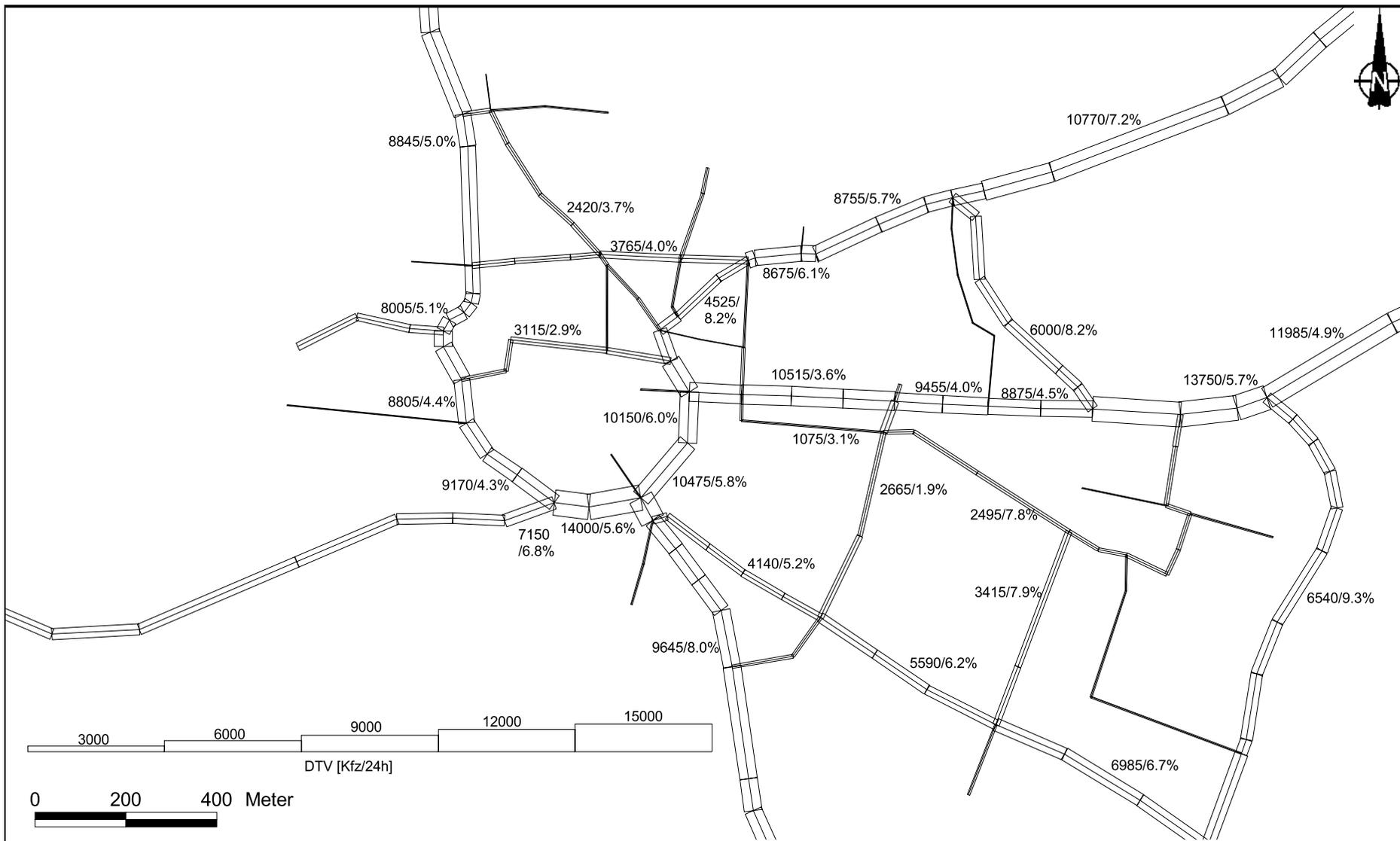


Abb. 3.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Nullfall

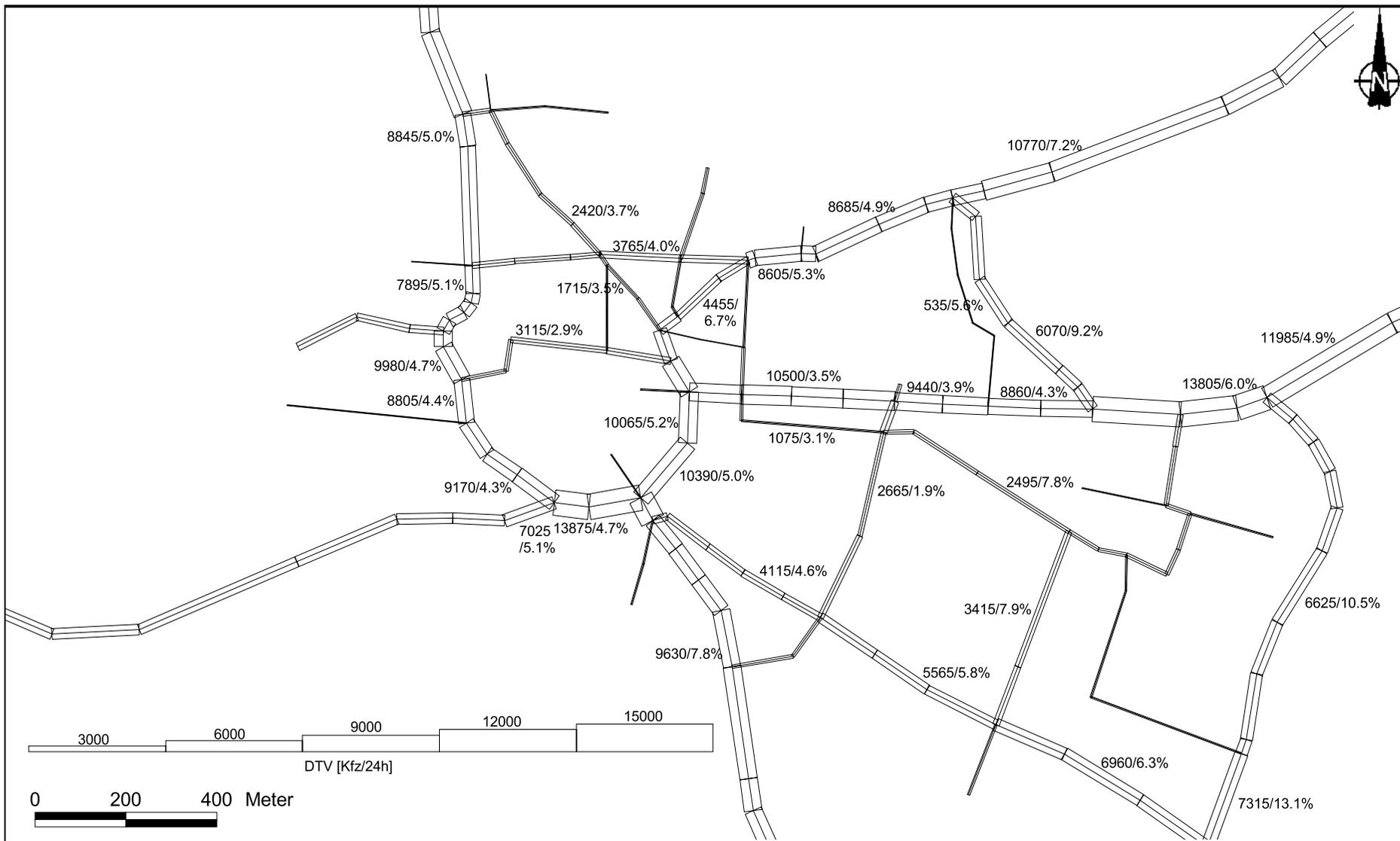


Abb. 3.3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall M1 (P1)

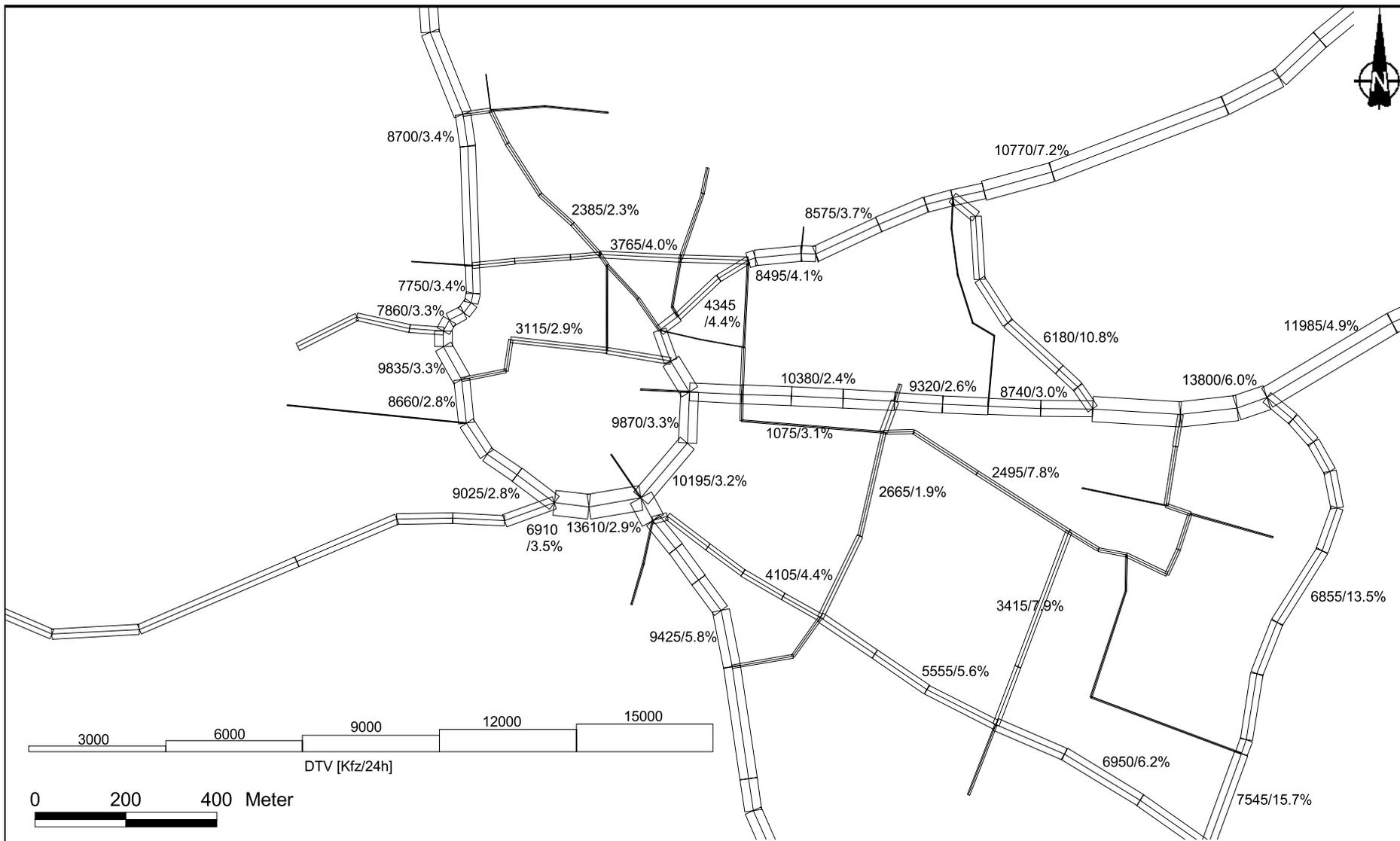


Abb. 3.4: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall M1 (P2)

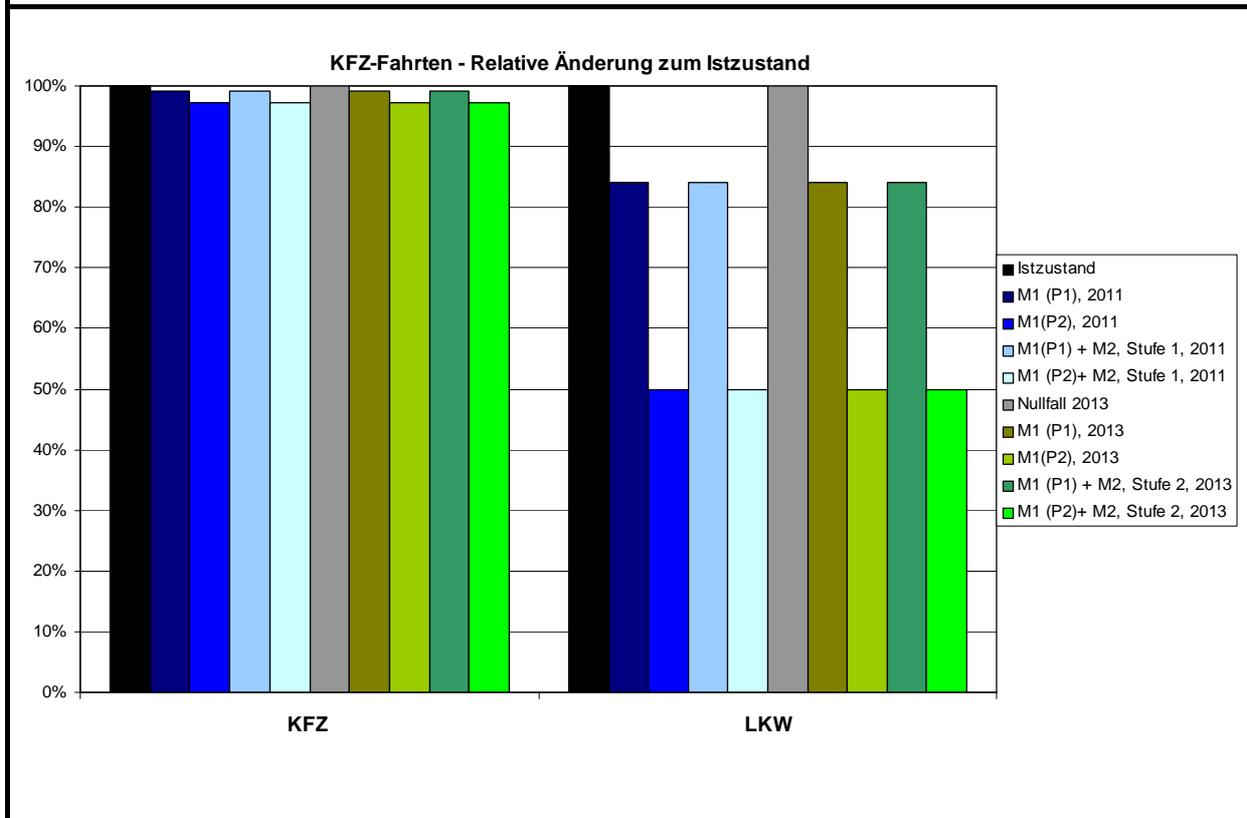
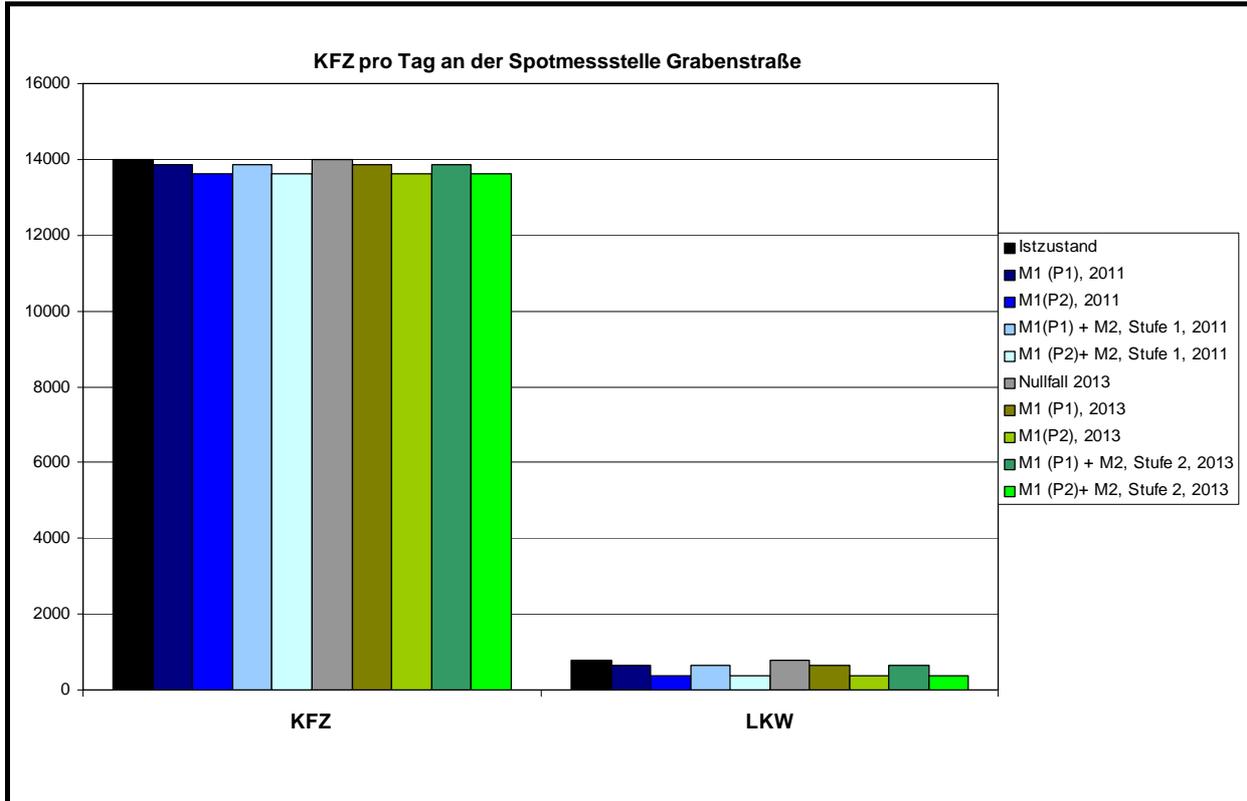


Abb. 3.5: Verkehrsbelegung an der Grabenstraße in Markgröningen für die betrachteten Maßnahmen und Fälle.
oben: Anzahl der täglichen Fahrten,
unten: Relative Änderung gegenüber dem Nullfall im Jahr 2011.

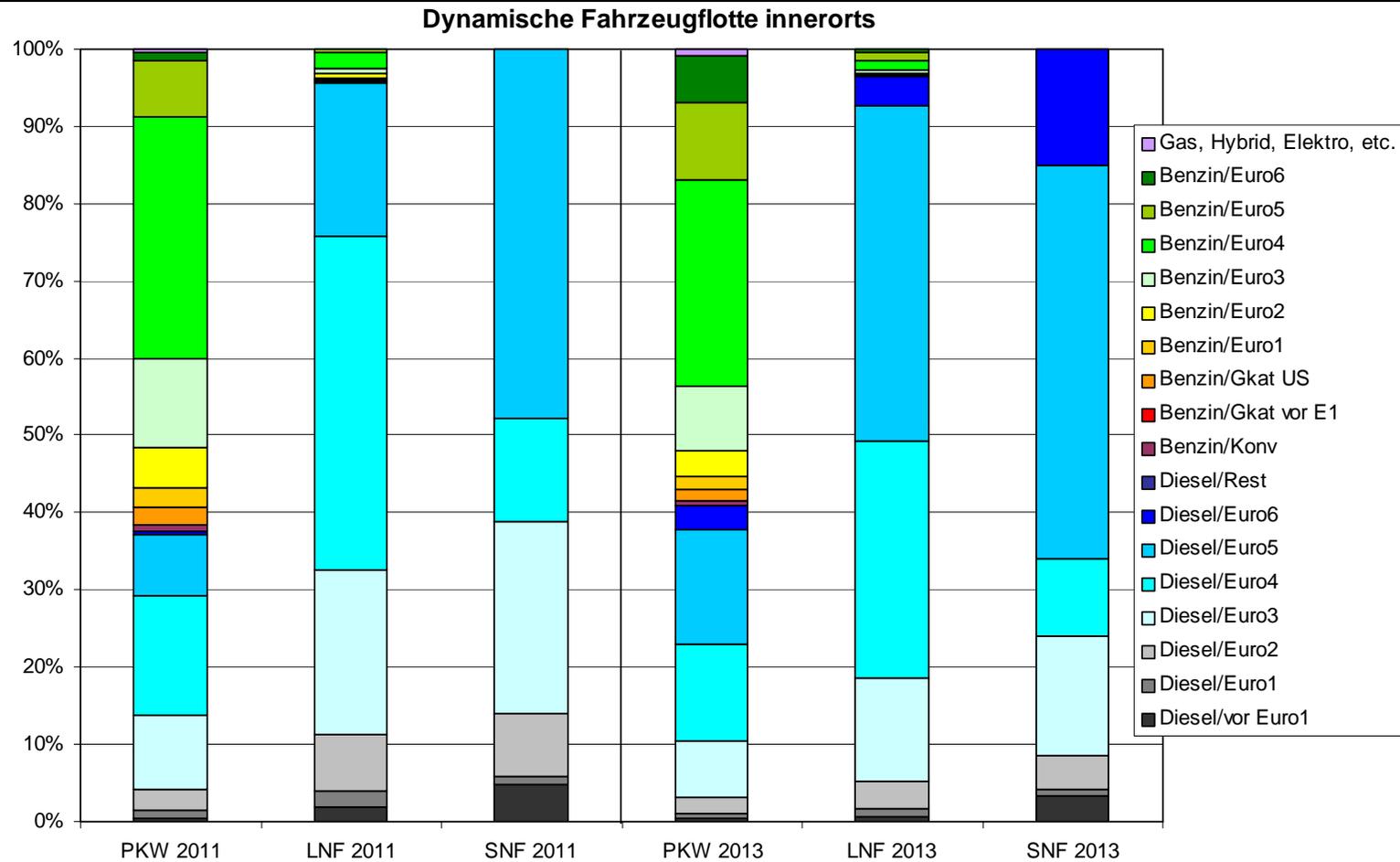


Abb. 3.6: Zusammensetzung der innerörtlichen dynamischen Kfz-Flotte für die Jahre 2011 und 2013 für Baden-Württemberg, unterteilt nach PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Reisebusse, Linienbusse und schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

Der Anteil der dieselbetriebenen PKW-Fahrten umfasst im Jahr 2011 ca. 37.6% und im Jahr 2013 ca. 40%; der Anteil der dieselbetriebenen leichten Nutzfahrzeugfahrten umfasst im Jahr 2011 ca. 95.6% und im Jahr 2013 ca. 96.4%; bei den Bussen und schweren Nutzfahrzeugen setzen sich die Fahrten ausschließlich aus Dieselbetriebenen zusammen.

Für die Maßnahmen M2, Stufe 1 und M2, Stufe 2 werden die in der Datengrundlage beschriebenen Zusammensetzungen der Fahrzeugflotten verändert, indem die vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeugarten aus der Fahrzeugflotte ausgeschlossen werden, unter Berücksichtigung, dass ein Anteil von 20% dieser Fahrten aufgrund von Ausnahmegenehmigungen dennoch erfolgt. In **Abb. 3.7** sind die prozentualen Anteile der innerörtlichen Fahrten aufgezeigt, die von dem Fahrverbot betroffen sind.

Von den PKW-Fahrten sind im Jahr 2011 durch die Maßnahme M2, Stufe 1 ca. 5% der Fahrten vom Fahrverbot betroffen. Der Wirtschaftsverkehr wird überwiegend mit dieselbetriebenen Kfz durchgeführt; durch das Fahrverbot sind ca. 12% der Lieferwagenfahrten und ca. 14% der LKW-Fahrten betroffen. Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahme wird berücksichtigt, dass im Wirtschaftsverkehr nur notwendige Fahrten durchgeführt werden und deshalb eine vollständige Verlagerung der Fahrten ohne Ausnahmegenehmigungen auf Fahrzeuge erfolgt, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind. Damit ist eine Änderung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte des Wirtschaftsverkehrs verbunden. Bei den PKW-Fahrten ist nur ein kleiner Anteil der Fahrten vom Fahrverbot betroffen. Hier kann angenommen werden, dass diese Fahrten zum Teil durch Fahrten mit Fahrzeugen ersetzt werden, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind oder ganz entfallen. Aufgrund des geringen Anteils der möglicherweise entfallenden Fahrten wurde keine erneute Verkehrslegung durchgeführt. Für den PKW-Verkehr wird ebenfalls rechnerisch eine Änderung der Fahrzeugflotte durchgeführt.

Von den PKW-Fahrten sind im Jahr 2013 durch die Maßnahme M2, Stufe 2 ca. 11% der Fahrten vom Fahrverbot betroffen. Der Wirtschaftsverkehr wird überwiegend mit dieselbetriebenen Kfz durchgeführt; durch das Fahrverbot sind ca. 19% der Lieferwagenfahrten und ca. 24% der LKW-Fahrten betroffen. Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahme wird auch hier berücksichtigt, dass im Wirtschaftsverkehr nur notwendige Fahrten durchgeführt werden und deshalb eine vollständige Verlagerung der Fahrten ohne Ausnahmegenehmigungen auf Fahrzeuge erfolgt, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind. Damit ist eine Änderung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte des Wirtschaftsverkehrs verbunden. Diese Annahme wurde auch auf den PKW-Verkehr übertragen und ebenfalls rechnerisch eine Änderung der Fahrzeugflotte durchgeführt.

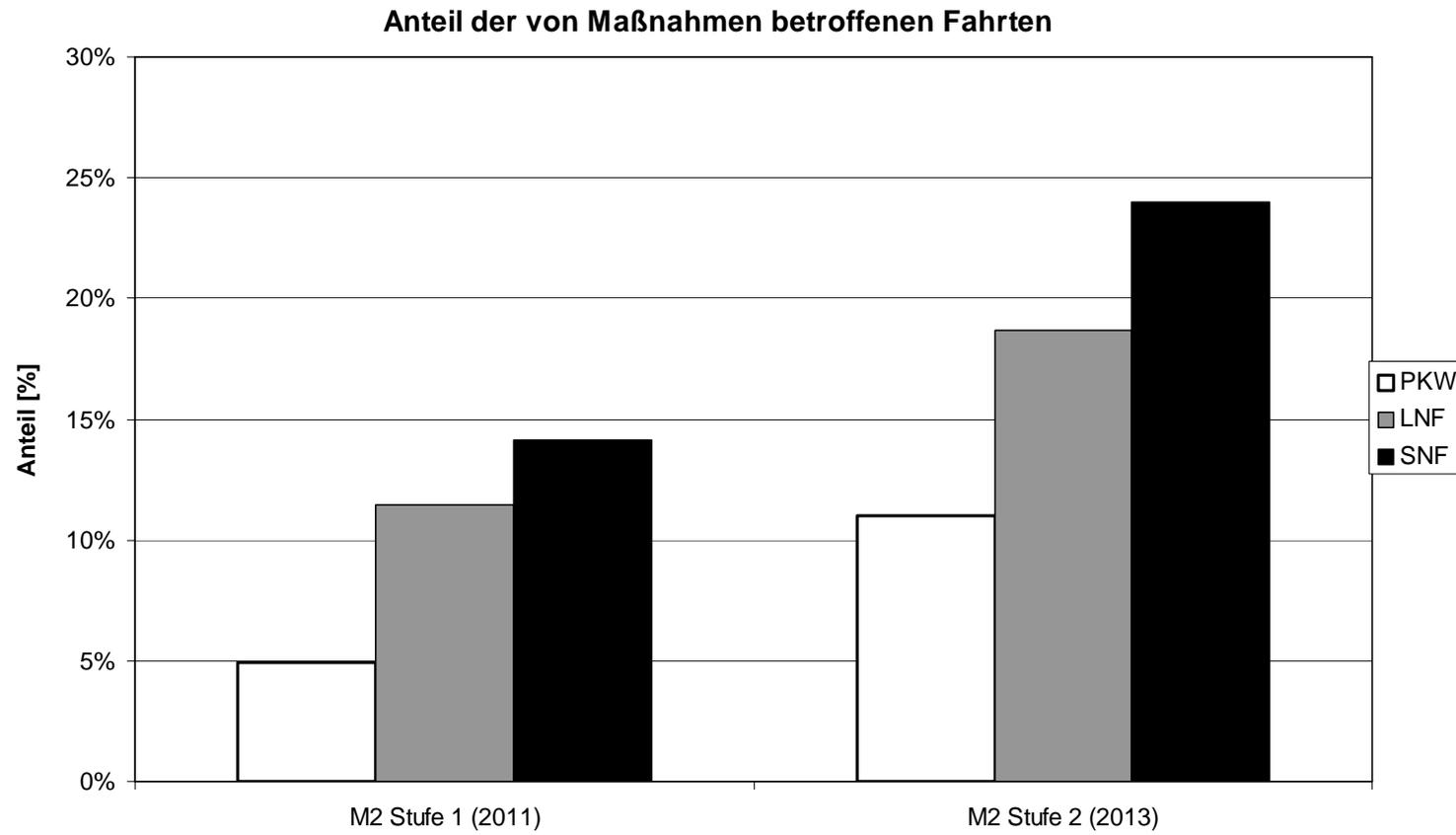


Abb. 3.7: Anteil der von den Fahrverboten der Maßnahmen M2 Stufe 1 und M2 Stufe 2 betroffenen Fahrten getrennt für PKW, Lieferwagen (LNF) und LKW

3.4 Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten PKW und LKW unterschieden. Die Fahrzeugart PKW enthält dabei die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) und Motorräder, die Fahrzeugart LKW versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattel-schlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenantrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen.

Im Folgenden werden die Grundlagen der „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Emissionsfaktoren beschrieben, dann erfolgt die Anwendung für Markgröningen im Zusammenhang mit möglichen Emissionsminderungen.

3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) unter Berücksichtigung der dynamischen Kfz-Flottenzusammensetzung für Baden-Württemberg berechnet. Sie hängen für die Fahrzeugarten PKW und LKW im Wesentlichen ab von

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.)
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z.B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr)
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab)

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2010) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Längsneigung der Straßen wurde aus dem digitalen Geländemodell abgeleitet.

3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen-, Kupplungs- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. Diese Emissionen sind im HBEFA nicht enthalten, sie sind auch derzeit nicht mit zufrieden stellender Aussagegüte zu bestimmen. Die Ursache hierfür liegt in der Vielfalt der Einflussgrößen, die bisher noch nicht systematisch parametrisiert wurden und für die es derzeit auch keine verlässlichen Aussagen gibt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM₁₀-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Kupplung und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend der in BASt (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2004) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems-, Kupplungs- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenen Straßenstaub die in **Tab. 3.1** und **Tab. 3.2** exemplarisch für die innerstädtischen Verkehrssituationen an den verkehrsnahen Messstellen in Markgröningen aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln aus heißen Abgasen während der Abkühlung und Ausbreitung wird im vorliegenden Fall nicht berücksichtigt, da dieser Prozess nur in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen dominiert (Filliger et al., 1999).

3.4.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen

Für die Maßnahmen M2, Stufe 1 und M2, Stufe 2 werden für die Bezugsjahre 2011 und 2013 die Emissionsfaktoren geändert, indem die Fahrzeugflottenzusammensetzung variiert wird. Dabei wurden die Anteile der Fahrten herausgenommen, die vom jeweiligen Fahrverbot unter Berücksichtigung von Ausnahmegenehmigungen betroffen sind. Die entfallenen Fahrten werden anteilmäßig auf die restlichen Fahrten entsprechend der bestehenden Verteilung auf die Fahrzeugkonzepte verteilt. Damit wird die Fahrzeugflotte erneuert; durch

die anteilmäßige Aufteilung entsprechend der vorliegenden Verteilung wird berücksichtigt, dass auch gebrauchte Fahrzeuge die entfallenen ersetzen, also nicht immer die neueste verfügbare Technik eingesetzt wird.

Entsprechend der Kennzeichnungsverordnung besteht für Dieselfahrzeuge auch die Möglichkeit der Nachrüstung mit Partikelfiltern für einen Teil der Fahrzeuge. Mit Berücksichtigung der möglichen Partikelfilternachrüstung ergeben sich für PKW und leichte Nutzfahrzeuge gegenüber der Verteilung auf die nicht vom Verbot betroffenen Fahrzeugkonzepte geringere Minderungen der Emissionsfaktoren der Fahrzeugflotte, bei schweren Nutzfahrzeugen zeichnen sich geringere Minderungen der NO_x-Emissionsfaktoren aber leicht höhere Minderungen der Partikel-Emissionsfaktoren ab. Die rechnerische Umsetzung der Maßnahmen erfolgt in dieser Untersuchung entsprechend der Verteilung auf die nicht vom Verbot betroffenen Fahrzeugkonzepte.

Verkehrssituation (Kürzel)	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2011					
	NO _x		Partikel (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel (nur Abgas)	
	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
IO-HVS50d_6	0.426	5.736	0.04	0.38	0.015	0.103
IO-HVS50g_2	0.445	5.653	0.09	0.80	0.016	0.113
S1-IO-HVS50d_6	0.407	5.386	0.04	0.38	0.009	0.069
S1-IO-HVS50g_2	0.425	5.554	0.09	0.80	0.012	0.097

Tab. 3.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an den verkehrsnahen Messstellen für das Bezugsjahr 2011 nach HBEFA unter Berücksichtigung der Flotte für Baden-Württemberg und für die Maßnahmen M1 (P2) und M2 Stufe 1 (S1).

Verkehrssituation (Kürzel)	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2013					
	NO _x		Partikel (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel (nur Abgas)	
	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
IO-HVS50d_6	0.406	4.425	0.04	0.38	0.011	0.073
IO-HVS50g_2	0.422	4.738	0.09	0.80	0.012	0.083
S2-IO-HVS50d_6	0.349	3.500	0.04	0.38	0.006	0.046
S2-IO-HVS50g_2	0.366	4.269	0.09	0.80	0.007	0.057

Tab. 3.2: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an den verkehrsnahen Messstellen für das Bezugsjahr 2013 nach HBEFA unter Berücksichtigung der Flotte für Baden-Württemberg und für die Maßnahmen M1 (P2) und M2 Stufe 2 (S2).

Die an den verkehrsnahen Messstellen in Markgröningen angesetzten Verkehrssituationen sowie die Längsneigungen der betrachteten Straßen (falls ungleich Null durch Unterstrich von den Verkehrssituationen getrennt) sind in **Tab. 3.1** und **Tab. 3.2** aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA (UBA, 2010) für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen. Mit diesen Tabellen ist ein Überblick über die zu diesen Verkehrssituationen gehörenden Emissionsfaktoren in den zu betrachtenden Bezugsjahren gegeben. In der Grabenstraße werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IO-HVS50d: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr

IO-HVS50g: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

3.5 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden so genannte Ausbreitungsklassenstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

In der Umgebung von Markgröningen finden Winddatenerfassungen durch die LUBW an der Station Ludwigsburg statt. Die Station befindet sich am westlichen Rand der Stadt an einem Sportplatz in einem Wohngebiet. In **Abb. 3.8** ist die Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit an der Station dargestellt. Die Windrichtungsverteilung wird von Winden aus westlichen Richtungen geprägt, für welche auch die höchsten Windgeschwindigkeiten zu beobachten sind. Winde aus südöstlichen Richtungen bilden ein weiteres Maximum. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2.0 m/s.

Im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) wurden synthetische Windrosen im 500 m Raster für Baden-Württemberg berechnet und in das Expertensystem Windstatistik eingegliedert. In der Version WSExpert 1.3 ist auch der Bereich von Markgröningen enthalten, für den Windstatistiken vorliegen. Im Vergleich mit den synthetischen Windrosen in Markgröningen zeigt die Windrose für Ludwigsburg eine ähnliche Verteilung.

Für die Immissionsberechnungen werden die Daten der Station Ludwigsburg verwendet, da eine gute Übertragbarkeit auf Markgröningen gegeben ist. Die Ausbreitungsklassen wurden aus den Bewölkungsangaben der Wetterstation Stuttgart-Schnarrenberg abgeleitet. Die Ausbreitungsklassenstatistik wird unter Berücksichtigung der Rauigkeit in Markgröningen für die Ausbreitungsrechnung herangezogen.

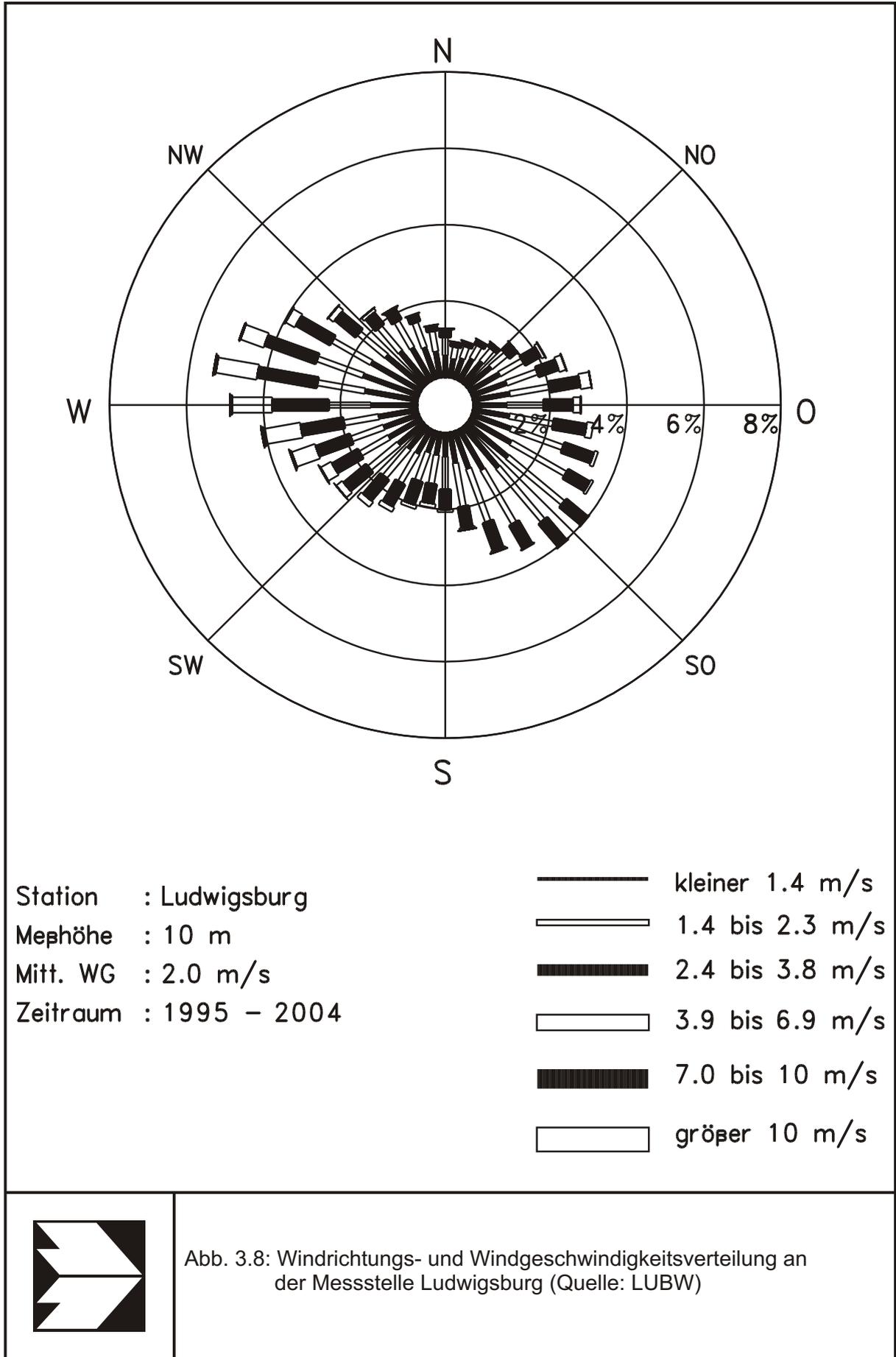


Abb. 3.8: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der Messstelle Ludwigsburg (Quelle: LUBW)

4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN

4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte

Basierend auf den o.g. Flotten- und Emissionsdaten werden die Emissionen für die Hauptverkehrsstraßen in Markgröningen berechnet. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse konzentriert sich im Folgenden auf die Grabenstraße, an der Immissionsmessdaten der SPOT-Messung vorliegen.

Mit den in Kap. 3 aufgeführten Emissionsfaktoren durch Modifizierungen der Flotte werden folgend die Emissionen der genannten Streckenabschnitte für die Bezugsjahre 2011 und 2013 jeweils mit den jeweiligen Maßnahmen aufgeführt.

Die berechneten mittleren täglichen Emissionen sind in **Abb. 4.1** (oben) und als relative Darstellungen, bezogen auf die Emissionsmodellierung des Ausgangszustandes im Bezugsjahr 2011, in **Abb. 4.1** (unten) aufgezeigt. Bei den Darstellungen sind die Summe aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Partikelemissionen sowie die NO_x-Emissionen betrachtet.

Entsprechend den Zusammensetzungen der Verkehrsbelegungsdaten und der Verkehrssituationen zeigen sich bei den betrachteten Fällen deutliche Variationen der Emissionen. Die relativen Änderungen bezogen auf den Ausgangszustand weisen nur leichte Variationen auf (**Abb. 4.1**). In dem betrachteten Straßenabschnitt der Grabenstraße sind gegenüber dem Referenzzustand 2011 mit der Maßnahme M1 (P1) ca. 94%, mit der Maßnahme M1 (P2) ca. 81%, mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 1 ca. 78% und im Jahr 2013 mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 2 ca. 65% der NO_x-Emissionen zu erwarten. Alle genannten Maßnahmen tragen zur Minderung der verkehrsbedingten NO_x-Emissionen bei, wobei durch das LKW-Durchfahrtsverbot (M1 (P2)) und mit der Maßnahme M2, Stufe 2 im Jahr 2013 die intensivsten Verringerungen zu erwarten sind.

Die PM10-Emissionen weisen in den betrachteten Straßenabschnitten gegenüber dem Referenzzustand 2011 mit der Maßnahme M1 (P1) ca. 95%, mit der Maßnahme M1 (P2) ca. 85%, mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 1 ca. 82% und im Jahr 2013 mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 2 ca. 78% auf. Alle genannten Maßnahmen tragen zur Minderung der verkehrsbedingten Partikel-Emissionen bei, wobei an den genannten Hauptverkehrsstraßen durch das LKW-Durchfahrtsverbot (M1 (P2)) mit der Maßnahme M2,

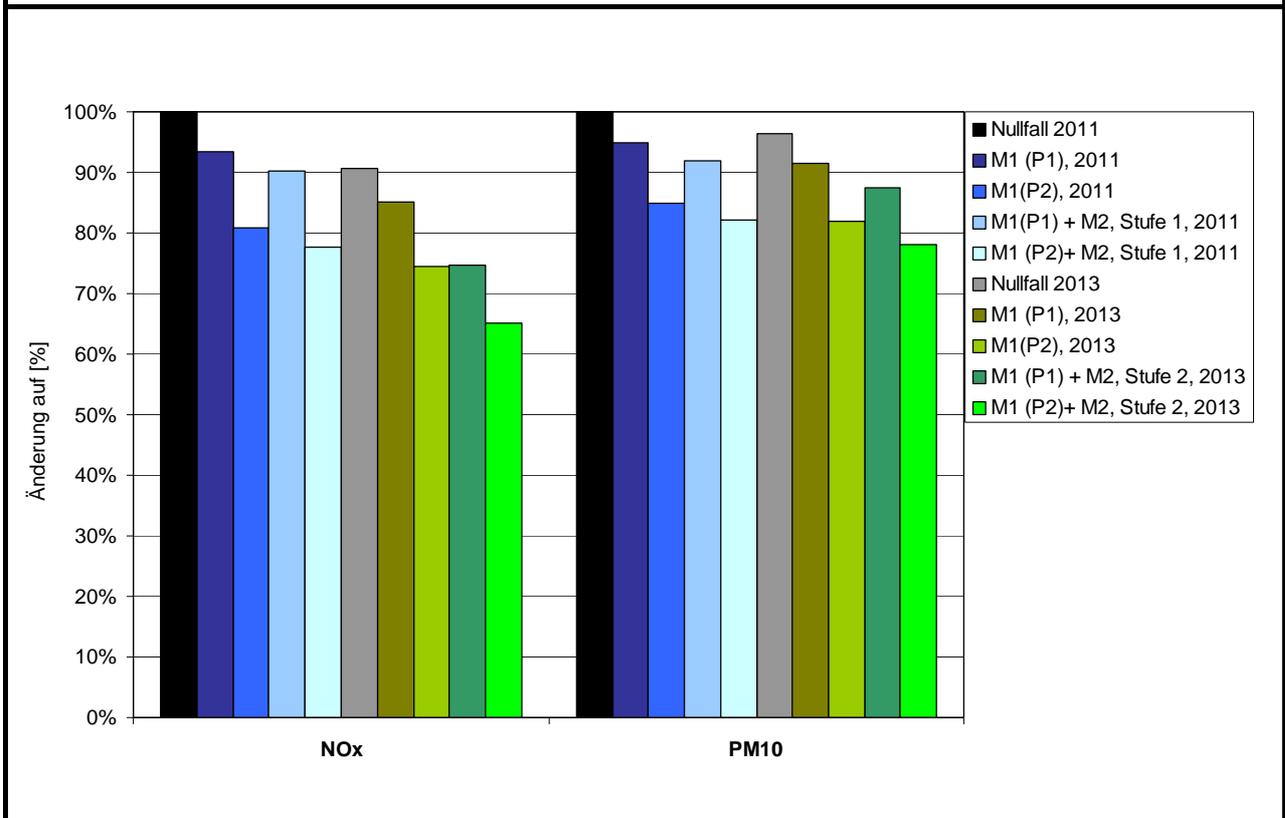
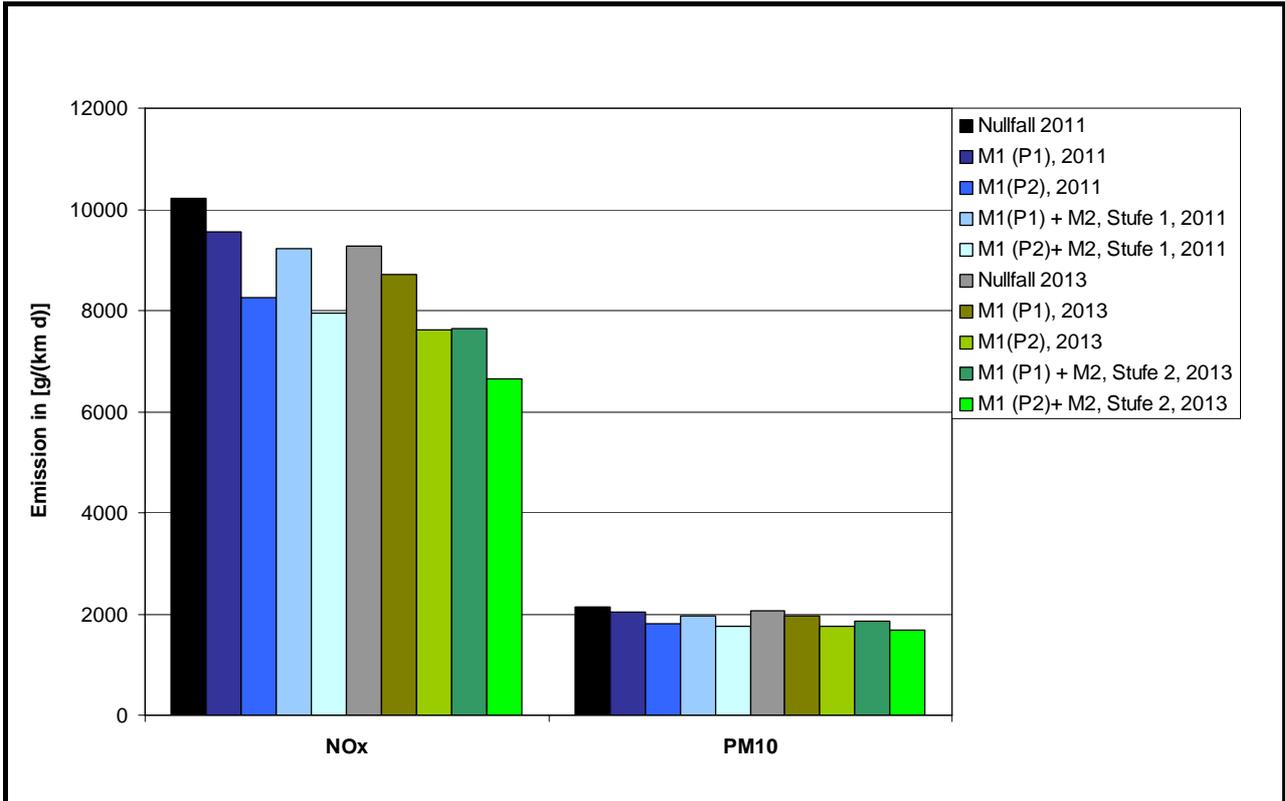


Abb. 4.1: Emissionen an der Grabenstraße in Markgröningen für die betrachteten Maßnahmen und Fälle.
 oben: Emission in [g/(km d)],
 unten: Relative Änderung gegenüber dem Nullfall im Jahr 2011 in %.

Stufe 2 im Jahr 2013 die intensivsten Verringerungen zu erwarten sind. Bei den PM10-Emissionen ist zu beachten, dass der nicht motorbedingte Anteil durch die betrachteten Maßnahmen nur dann verringert wird, wenn auch die Verkehrsbelastung verringert wird; die Auswirkungen der Maßnahmen hinsichtlich der Verringerung der motorbedingten PM10-Emissionen werden durch die gleich bleibenden Anteile der nicht motorbedingten Beiträge deutlich abgeschwächt, da auch PKW und leichte Nutzfahrzeuge ohne Dieselmotor zu den Aufwirbelungen beitragen. Die „nicht motorbedingten“ Beiträge der PM10-Belastungen sind überwiegend der gröberen Fraktion zuzuschreiben und damit gegenüber den sehr feinen motorbedingten Partikeln weniger lungengängig.

4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen

Seit Januar 2007 werden in Markgröningen an der Grabenstraße so genannte Spot-Messungen durch die LUBW durchgeführt. Neben den Messdaten an der Hauptmessstelle (MP6) in der Grabenstraße werden an vier weiteren Messstellen in der Grabenstraße östlich und westlich der Hauptmessstelle und an einer Messstelle in der Badgasse die NO₂-Immissionen erfasst. Alle Messstellen in der Grabenstraße befinden sich praktisch direkt am Straßenrand und an der Randbebauung. Die Messwerte der Badgasse repräsentieren die Hintergrundbelastung. **Tab. 4.1** zeigt eine Zusammenstellung der Messdaten in Markgröningen der Jahre 2007 bis 2009.

Für die Anwendung der vorgestellten Emissionsermittlung und der darauf aufbauenden Maßnahmen werden Ausbreitungsrechnungen mit dem Berechnungsverfahren PROKAS und dem Bebauungsmodul PROKAS_B durchgeführt. Die in den Berechnungen anzusetzende Hintergrundbelastung wird aus dem Vergleich der Berechnungs- und Messergebnisse des Ortsbereiches bzw. umliegender Stationen abgeleitet und dann auf die verkehrsbeeinflussten Stationsstandorte angewendet, um einen Vergleich zwischen den Mittelwerten der Messdaten und den Berechnungsergebnissen zu erhalten. Bei den Berechnungen wird die Randbebauung typisiert nach Straßenraumbreite mit einer Länge von ca. 100 m berücksichtigt. Innerhalb dieser Straßenabschnitte wird eine einheitliche Immission berechnet; mit diesem Berechnungsverfahren kann keine weitere örtliche Differenzierung erfolgen, sodass für die Straßenabschnitte der Grabenstraße westlich und östlich der Messstelle jeweils ein Rechenwert zugeordnet wird. Für feinere räumliche Auflösungen der berechneten Immissionen wäre der Einsatz eines mikroskaligen Rechenverfahrens mit Berücksichtigung von Gebäudeumströmungen erforderlich. Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für die Grabenstraße an der Messstation MP6 in Markgröningen sind basierend auf den Verkehrsbele-

gungsdaten für das Netz 2010 und den Emissionsfaktoren für das Jahr 2011 in **Tab. 4.2** aufgeführt. Die berechneten NO₂-Belastungen weisen eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten auf.

Insbesondere mit den Messstellen nördlich der Straßen stimmen die berechneten Werte mit den gemessenen sehr gut überein. An der südlichen Straßenseite zeigen die Messwerte höhere Immissionen an. Für die NO₂-Jahresmittel sind an allen Straßenmessstellen Überschreitungen des Grenzwertes von 40 µg/m³ berechnet. Dort weisen auch die Messdaten Überschreitungen aus.

Schadstoffkomponente	Stationen	2007	2008	2009
NO ₂ -Jahresmittel	Markgröningen MP1	70	72	-
	Markgröningen MP2	69	68	-
	Markgröningen MP3	55	53	-
	Markgröningen MP4	53	49	-
	Markgröningen MP5	29	26	-
	Markgröningen MP6	47	47	54
NO ₂ -98-Perzentil	Markgröningen MP1	-	-	-
	Markgröningen MP2	-	-	-
	Markgröningen MP3	-	-	-
	Markgröningen MP4	-	-	-
	Markgröningen MP5	-	-	-
	Markgröningen MP6	-	97	122
PM10-Jahresmittel	Markgröningen MP1	-	-	-
	Markgröningen MP2	-	-	-
	Markgröningen MP3	-	-	-
	Markgröningen MP4	-	-	-
	Markgröningen MP5	-	-	-
	Markgröningen MP6	34	32	34
PM10-Überschreitungen (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	Markgröningen MP1	-	-	-
	Markgröningen MP2	-	-	-
	Markgröningen MP3	-	-	-
	Markgröningen MP4	-	-	-
	Markgröningen MP5	-	-	-
	Markgröningen MP6	47	43	54

Tab. 4.1: Messdaten an den Messstationen in Markgröningen. Quelle LUBW (2005 bis 2010)

	NO₂- Jahresmittelwert	NO₂-98- Perzentilwert	PM10- Jahresmittelwert	PM10-Über- schreitungstage
	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[Anzahl]
SPOT - Markgröningen	49	102	34	54

Tab. 4.2: Berechnete Immissionen an der Messstation in Markgröningen.

Die berechneten PM10-Jahresmittelwerte weisen an der Messstelle ebenfalls eine sehr gute Übereinstimmung mit den Messwerten auf. Der Grenzwert von 40 µg/m³ wird nicht überschritten. Jedoch wird eine PM10-Belastung mit 34 µg/m³ über dem Schwellenwert berechnet und gemessen. Mehr als 35 Überschreitungstage sind ab einem Jahresmittelwert von 29 µg/m³ zu erwarten.

Mit der selben Vorgehensweise wurden basierend auf den prognostizierten Verkehrsbelegungsdaten für die Maßnahme M1 (P2) bzw. M1 (P1) die Immissionsberechnungen für die genannten Maßnahmen und Jahre durchgeführt. Die Ergebnisse werden zusammenfassend für die genannten Straßenabschnitte als relative Änderungen dargestellt, um die Auswirkungen der Maßnahmen und der zeitlichen Entwicklungen der Kfz-Flotte auf die Gesamtbelastungen zu beschreiben.

In **Abb. 4.2** (oben) sind die berechneten Jahresmittelwerte für NO₂ und PM10 sowie in **Abb. 4.2** (unten) die relativen Änderungen der berechneten NO₂ und PM10-Belastungen für die Jahre 2011 und 2013 sowie für die Maßnahmen M1 (P1), M1 (P2), M2 Stufe 1 und M2 Stufe 2 bezogen auf den Nullfall 2011 aufgezeigt. Im Anhang A2 sind die berechneten Immissionen für die betrachteten Straßen in Markgröningen grafisch dargestellt.

Die berechneten NO₂-Immissionen verringern sich an der Grabenstraße ausgehend vom Nullfall 2011 mit 49 µg/m³ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. 43 µg/m³. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2011, weisen die NO₂-Immissionen mit der Maßnahme M1 (P1) im Jahr 2011 ca. 98%, mit der Maßnahme M1 (P2) im Jahr 2011 ca. 93%, mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2 Stufe 1 im Jahr 2011 ca. 92% und mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2 Stufe 2 im Jahr 2013 ca. 87% der Gesamtbelastung auf.

Die PM10-Belastungen verringern sich an der Grabenstraße ausgehend vom Nullfall 2011 mit 34 µg/m³ auf 31 µg/m³ durch die weitestgehende Maßnahme. Gegenüber dem Nullfall 2011 werden durch die Maßnahme M1 (P1) im Jahr 2011 ca. 98%, durch die Maßnahme M1 (P2) im Jahr 2011 ca. 94%, durch die Maßnahmen M1 (P2) und M2 Stufe 1 im Jahr 2011 ca. 92%, und durch die Maßnahmen M1 (P2) und M2 Stufe 2 im Jahr 2013 ca. 91% der Gesamtbelastung erwartet.

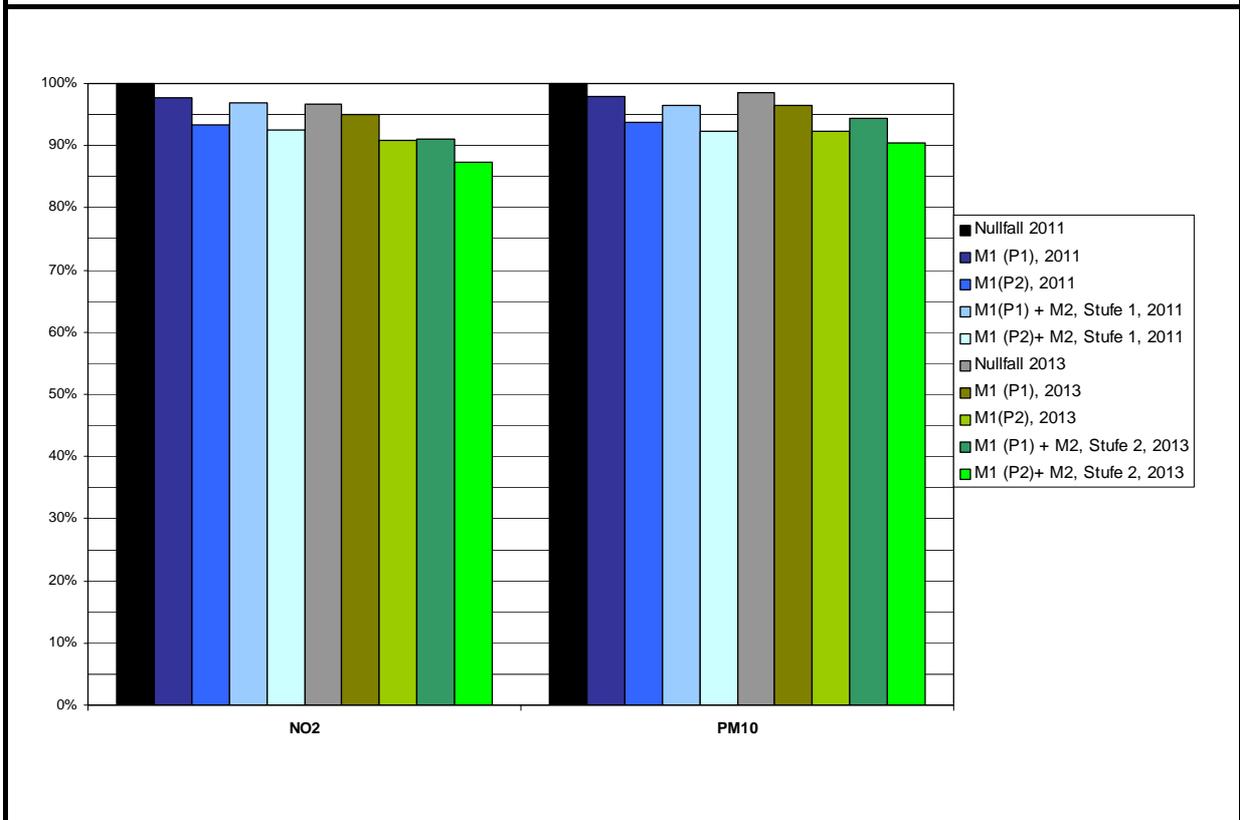
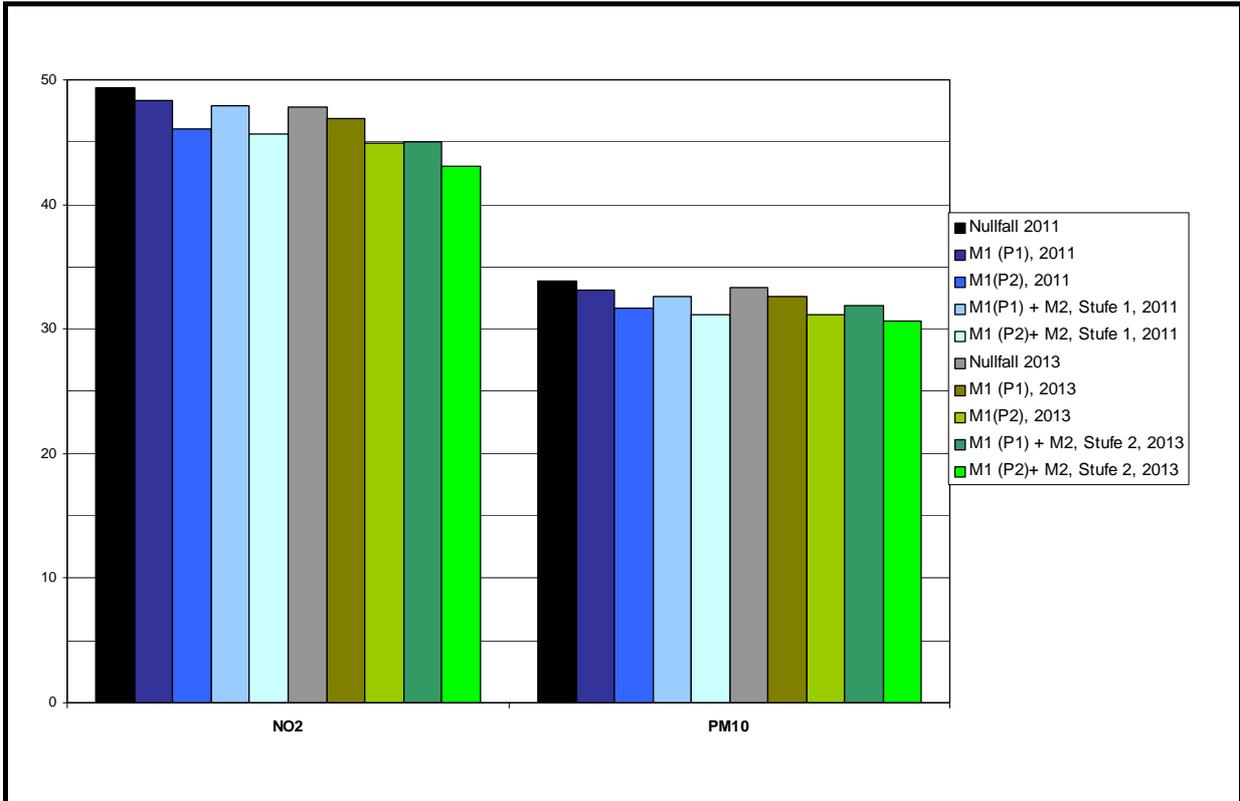


Abb. 4.2: Immissionen an der Grabenstraße in Markgröningen für die betrachteten Maßnahmen und Fälle.
 oben: Immission in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 unten: Relative Änderung gegenüber dem Nullfall im Jahr 2011 in %.

Anhand der Jahresmittelwerte können Rückschlüsse auf die Anzahl an Überschreitungstagen mit Tagesmittelwerten über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gezogen werden. Im Nullfall im Jahr 2011 ist in der Grabenstraße mit ca. 54 Überschreitungstagen zu rechnen, mit der Maßnahme M1 (P1) im Jahr 2011 sind es ca. 51, mit der Maßnahme M1 (P2) ca. 45, mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2 Stufe 1 sind es ca. 43 und mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2 Stufe 2 ca. 40 Überschreitungstage im Jahr.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass mit dem LKW-Durchfahrtsverbot und der durch die verschärfte Umweltzone vorgezogenen Erneuerung der Kfz-Fahrzeugflotte deutliche Verringerungen der motorbedingten Schadstofffreisetzungen verbunden sind, die auch zu deutlichen Verringerungen der NO_2 -Belastungen führen. Da an den Hauptverkehrsstraßen der verkehrsbedingte Anteil an diesen Immissionen hoch ist, werden die Gesamtbelastungen durch Verringerungen der Zusatzbelastungen des Kfz-Verkehrs auch deutlich reduziert. Allerdings zeigen die Berechnungen, dass die Reduzierung der Feinstaubbelastungen durch die zeitliche Entwicklung der Fahrzeugflotte und die betrachteten Maßnahmen einen geringeren Umfang aufweisen, was an den nicht motorbedingten PM_{10} -Beiträgen des Kfz-Verkehrs und dem insgesamt geringeren Anteil der verkehrsbedingten Beiträge an der PM_{10} -Gesamtbelastung liegt. Wirkungsvolle Verringerungen sind für PM_{10} durch Reduzierungen des Kfz-Verkehrs erreichbar, wie die Ausführungen in der Studie „Maßnahmenbetrachtungen zu PM_{10} in Zusammenhang mit Luftreinhalteplänen“ (Lohmeyer, 2004) belegen.

5 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 22. BImSchV, Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 241).

Aviso (2009): Verkehrsprognose 2025 für die A 1, AK Lotte/OS (m) – AS MS/Nord (o).

Bächlin, W., Böisinger, R. (2007): Aktualisierung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Projekt 60976-04-01. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen (unveröffentlicht).

BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

BAST (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.

Düring, I., Lohmeyer, A. (2004): Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen. KRdL-Experten-Forum „Staub und Staubinhaltsstoffe“, 10./11. November 2004, Düsseldorf. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, KRdL-Schriftenreihe Band 33.

Filliger, P., Puybonnieux-Textier, V., Schneider, J. (1999): PM10 Population Exposure - Technical Report on Air Pollution, Prepared for the WHO Ministerial Conference for Environment and Health, London, June 1999, Published by Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications Bureau for Transport Studies, Berne, Switzerland.

- Flassak, Th., Bächlin, W., Bösing, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten - Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt (kommunale ökologische Briefe) Nr. 01/05.01/2000.
- Lohmeyer (2004): Maßnahmebetrachtungen zu PM10 im Zusammenhang mit Luftreinhalteplänen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Projekt 60277, Dezember 2004. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, www.lua.nrw.de bzw. www.lanuv.nrw.de
- LUBW (2005-2010): Spotmessungen 2004 bis 2009 – Darstellung der Messergebnisse. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe. Im Internet unter www.lubw.baden-wuerttemberg.de.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- RLS-90 (1990): Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen. Hrsg.: Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau. Ausgabe 1990.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhalte der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- Stahl + Partner (2007/2010): Luftreinhalte-/Aktionsplan Stadt Markgröningen. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart.

UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1/Febr. 2010. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg: Umweltbundesamt Berlin. Herunterladbar unter <http://www.hbefa.net/>.

UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.

A N H A N G A 1:
BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-
ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt kommt das mathematische Modell PROKAS zur Anwendung, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS_V (Gaußfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS_B, das für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

A1.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS_V

Die Zusatzbelastung infolge des Straßenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für 6 verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ erfolgt nach Romberg et al. (1996) mit Aktualisierung für aktuelle Messdaten (Bächlin, 2007).

A1.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS_B

Im Falle von teilweise oder ganz geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen c^* in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil nicht verbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die **Tab. A1.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10% bis 30% geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

$$c = \frac{c^* \cdot Q}{B \cdot u'}$$

wobei:	c	=	Abgaskonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	c^*	=	dimensionslose Abgaskonzentration [-]
	Q	=	emittierter Schadstoffmassenstrom [$\mu\text{g}/\text{m s}$]
	B	=	Straßenschluchtbreite [m] beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
	u'	=	Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeug-induzierten Turbulenz [m/s]

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS_V für die Vorbelastung und von PROKAS_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

Typ	Randbebauung	Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite	Lückenanteil [%]
0*	locker	-	61 - 100
101	einseitig	1:3	0 - 20
102	"	1:3	21 - 60
103	"	1:2	0 - 20
104	"	1:2	21 - 60
105	"	1:1.5	0 - 20
106	"	1:1.5	21 - 60
107	"	1:1	0 - 20
108	"	1:1	21 - 60
109	"	1.5:1	0 - 20
110	"	1.5:1	21 - 60
201	beidseitig	1:3	0 - 20
202	"	1:3	21 - 60
203	"	1:2	0 - 20
204	"	1:2	21 - 60
205	"	1:1.5	0 - 20
206	"	1:1.5	21 - 60
207	"	1:1	0 - 20
208	"	1:1	21 - 60
209	"	1.5:1	0 - 20
210	"	1.5:1	21 - 60

Tab. A1.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

A1.3 Fehlerdiskussion

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des KFZ-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Berechnungen und der Güte der Ergebnisse stehen meistens die Ausbreitungsmodelle im Vordergrund. Die berechneten Immissionen sind aber nicht nur abhängig von den Ausbreitungsmodellen, sondern auch von einer Reihe von Eingangsinformationen, wobei jede Einzelne dieser Größen einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die prognostizierten Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bauungsstruktur, meteorologische Daten und die Vorbelastung.

* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Straßenschluchtbreite $\geq 5 \times$ Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil ≥ 61 %) erfüllt ist.

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter bzw. Teilschritte nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind. Es können jedoch für die einzelnen Modelle Vergleiche zwischen Naturmessungen und Rechnungen gezeigt werden, anhand derer der Anwender einen Eindruck über die Güte der Rechenergebnisse erlangen kann.

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die KFZ-Emissionen ist anzufügen, dass die Emissionen im Straßenverkehr bislang nicht direkt gemessen, sondern über Modellrechnungen ermittelt werden. Die Genauigkeit der Emissionen ist unmittelbar abhängig von den Fehlerbandbreiten der Basisdaten (d.h. Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf).

Nach BASt (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen Zählwerten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10%.

Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein leicht erhöhter Schätzwert von ca. 20 % angenommen.

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung entsprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von +/-20 % aufweisen.

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10%, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

Hinzuzufügen ist, dass der Fehler der Emissionen sich direkt auf die berechnete Zusatzbelastung auswirkt, nicht aber auf die Vorbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

A1.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 22. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der 98-Perzentilwert 115 µg/m³ bis 170 µg/m³ nicht überschreitet. Die genannte Spannweite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von 130 µg/m³ (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 22. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m³ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. A1.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BAST, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit

einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. A1.1** dargestellt.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BAST (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Die Berechnung der Anzahl der Überschreitungstage basiert auf dieser in **Abb. A1.1** dargestellten Funktion. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

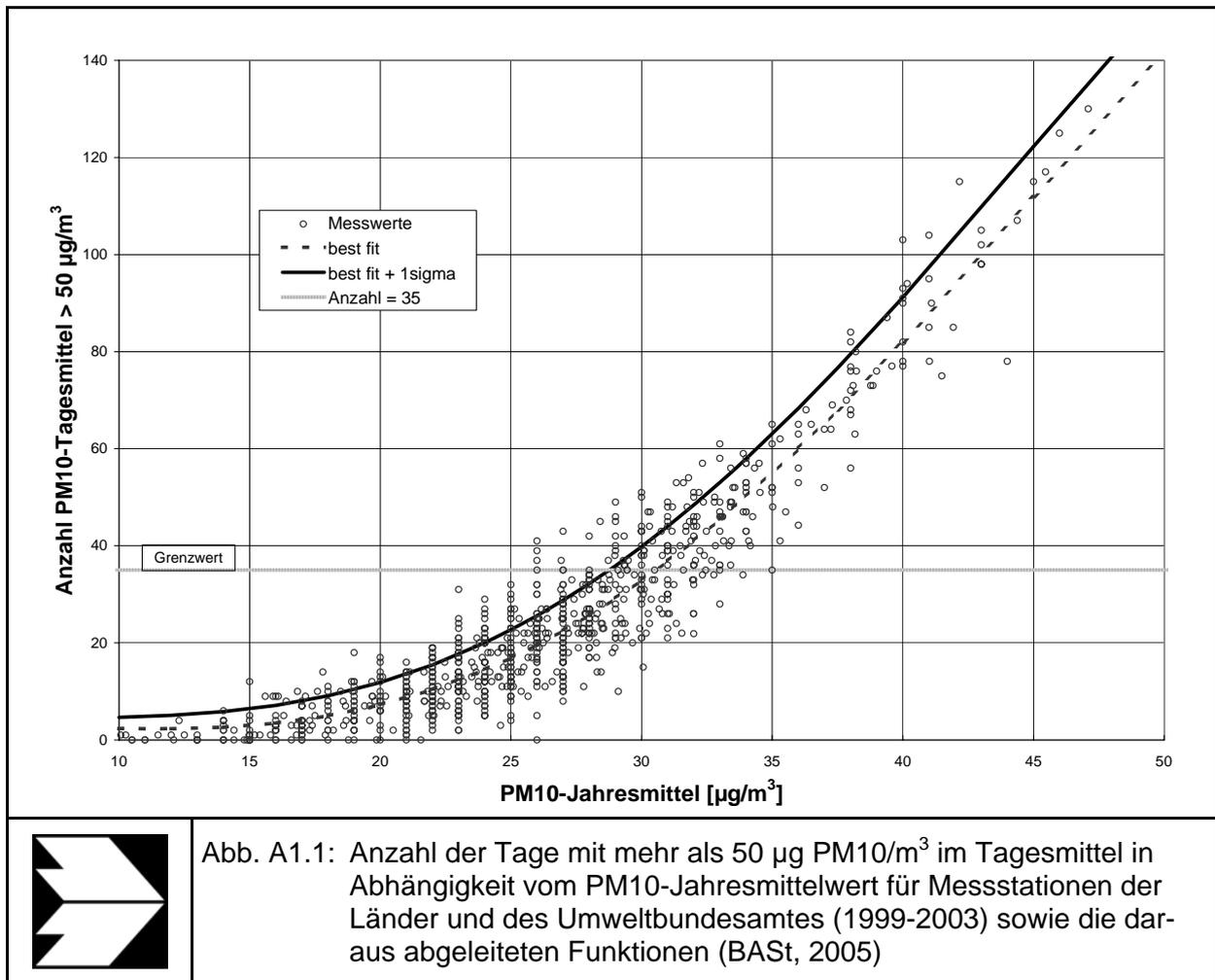


Abb. A1.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m³ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

AN H A N G A 2:
IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSENNETZ
MARKGRÖNINGEN

A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN- NETZ MARKGRÖNINGEN

In Kap. 4 sind die relativen Änderungen der Immissionen an dem betrachteten Straßenabschnitt der bestehenden verkehrsnahen Messstellen aufgeführt. Für das Jahr 2011, den Nullfall, die Maßnahmen M1 (P1), M1 (P2), M1 (P2) und M2 Stufe 1 und für das Jahr 2013 mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 2 sind in **Abb. A2.1** bis **Abb. A2.5** die berechneten NO_2 -Jahresmittelwerte für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen im Stadtgebiet von Markgröningen dargestellt. Die Berechnungen erfolgen an den Straßenabschnitten mit bestehender Randbebauung für Bereiche von der zur Fahrbahn nächstgelegenen Bebauung und für Straßenabschnitte ohne Randbebauung für einen Immissionsort in ca. 10 m Abstand zur Straße. In der Grafik sind Konzentrationswerte über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, d.h. über dem NO_2 -Grenzwert der 22. BImSchV, in gelben und roten Farben dargestellt. An stark frequentierten Straßenabschnitten sind teilweise weiterhin hohe NO_2 -Belastungen prognostiziert, die bei entsprechenden Nutzungen zu Überschreitungen des Grenzwertes führen.

In **Abb. A2.6** bis **Abb. A2.10** sind die berechneten PM_{10} -Jahresmittelwerte für das Jahr 2011, den Nullfall, die Maßnahmen M1 (P1), M1 (P2), M1 (P2) und M2 Stufe 1 und für das Jahr 2013 mit den Maßnahmen M1 (P2) und M2, Stufe 2 für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen in Markgröningen aufgezeigt. Der Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zur Ableitung der PM_{10} -Kurzzeitbelastung (siehe Kap. A1.4), d.h. mehr als 35 Überschreitungen pro Jahr eines PM_{10} -Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ist in den Grafiken mit der gelben Farbe versehen. An allen gelb und in roten Farbtönen gekennzeichneten Straßenabschnitten kann eine Überschreitung des PM_{10} -Kurzzeitbelastungswertes bei entsprechenden Nutzungen erwartet werden. Damit sind an den stark frequentierten Straßenabschnitten weiterhin hohe PM_{10} -Kurzzeitbelastungen berechnet.

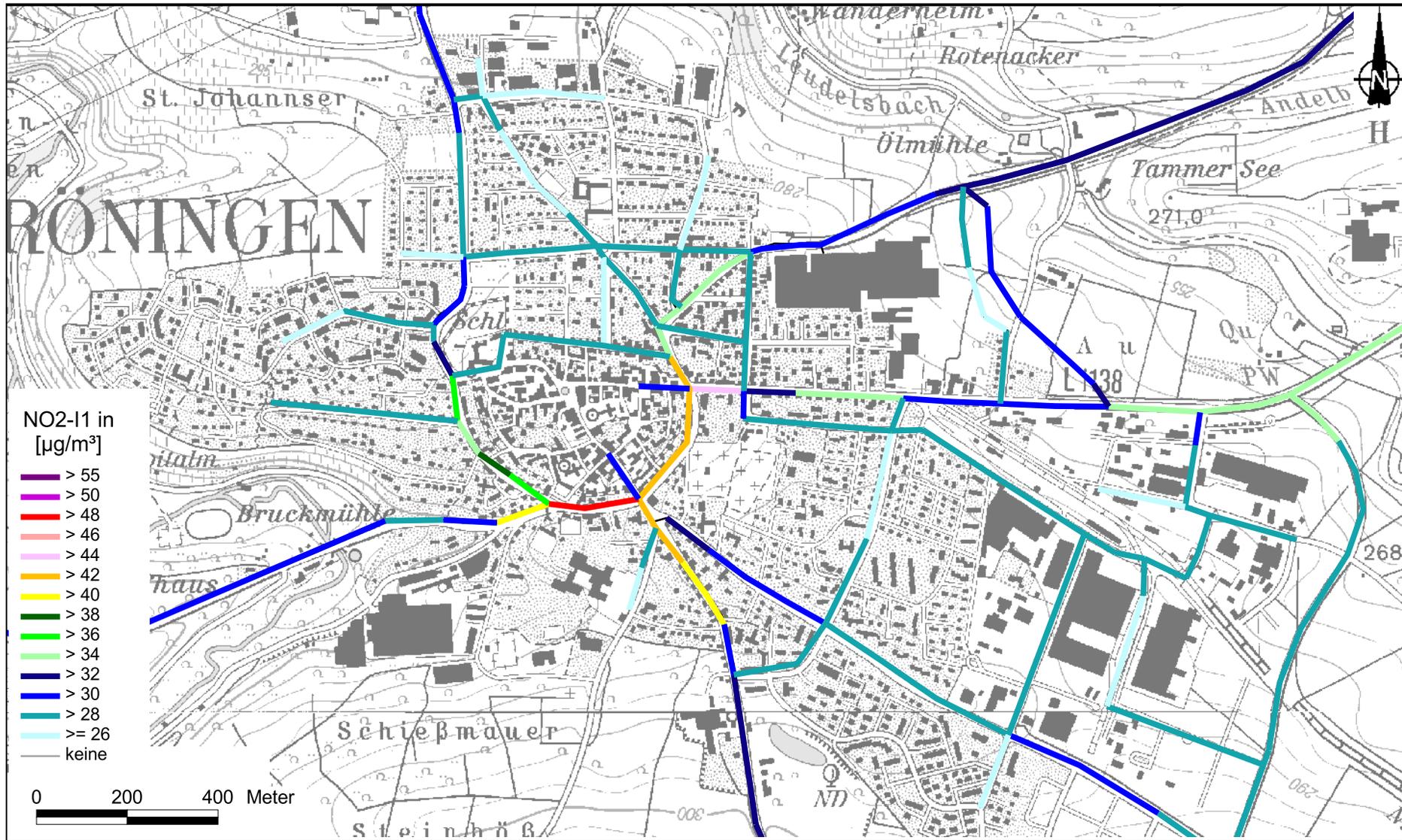


Abb. A2.1: NO2-11-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Nullfall im Jahr 2011

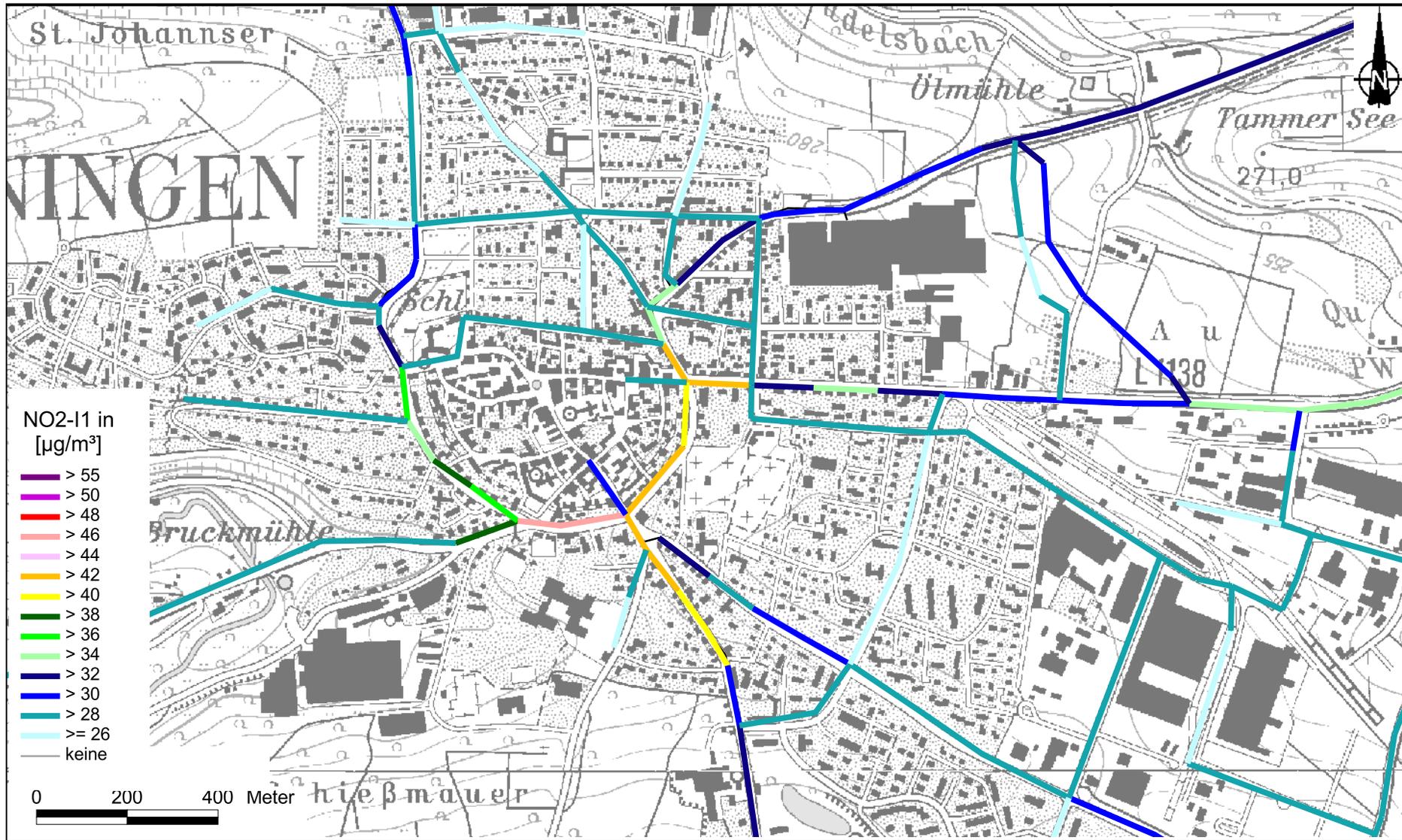


Abb. A2.2: NO2-I1-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Planfall M1 (P1) im Jahr 2011

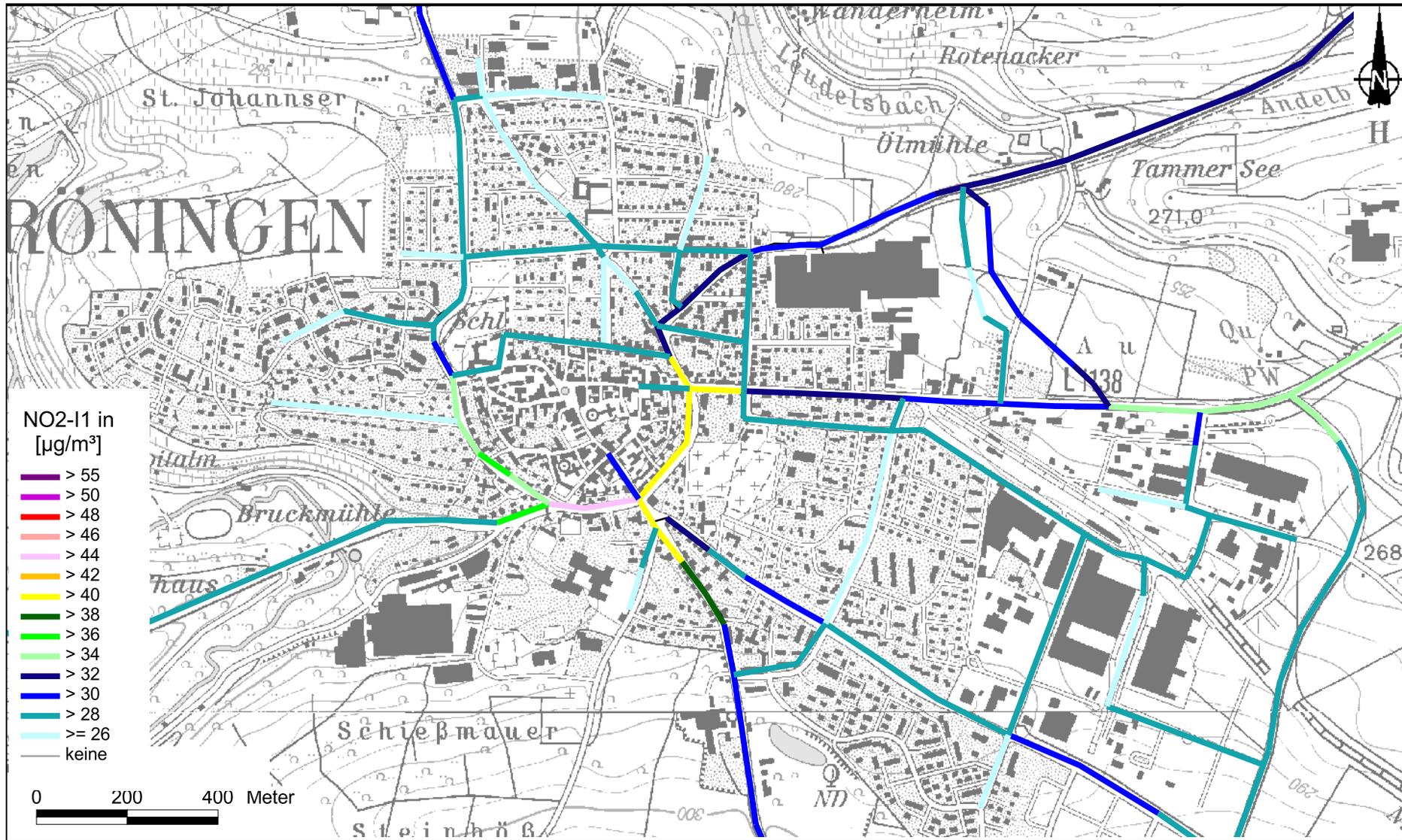


Abb. A2.3: NO2-I1-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Planfall M1 (P2) im Jahr 2011

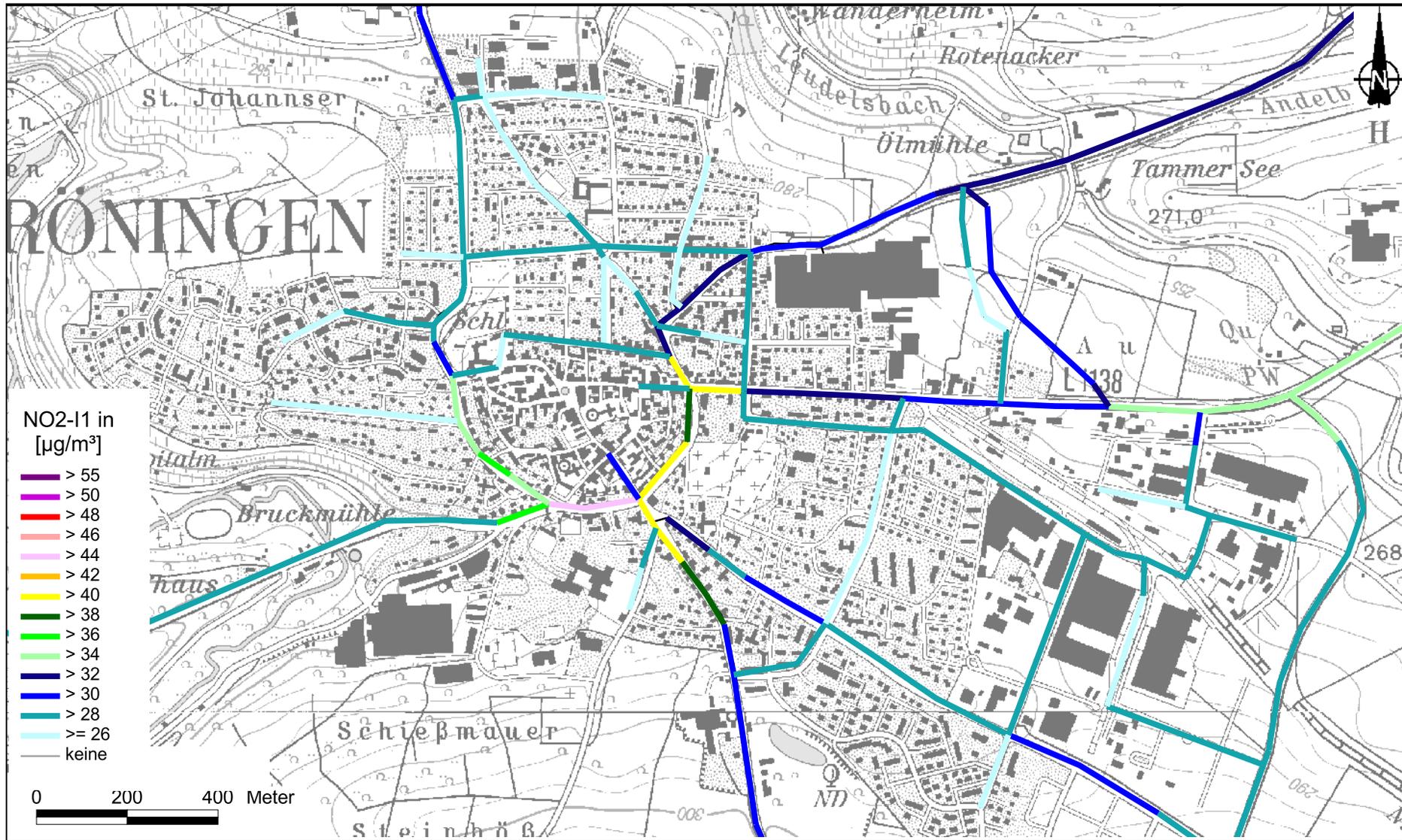


Abb. A2.4: NO2-I1-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Planfall M1 (P2) + M2 Stufe 1 im Jahr 2011

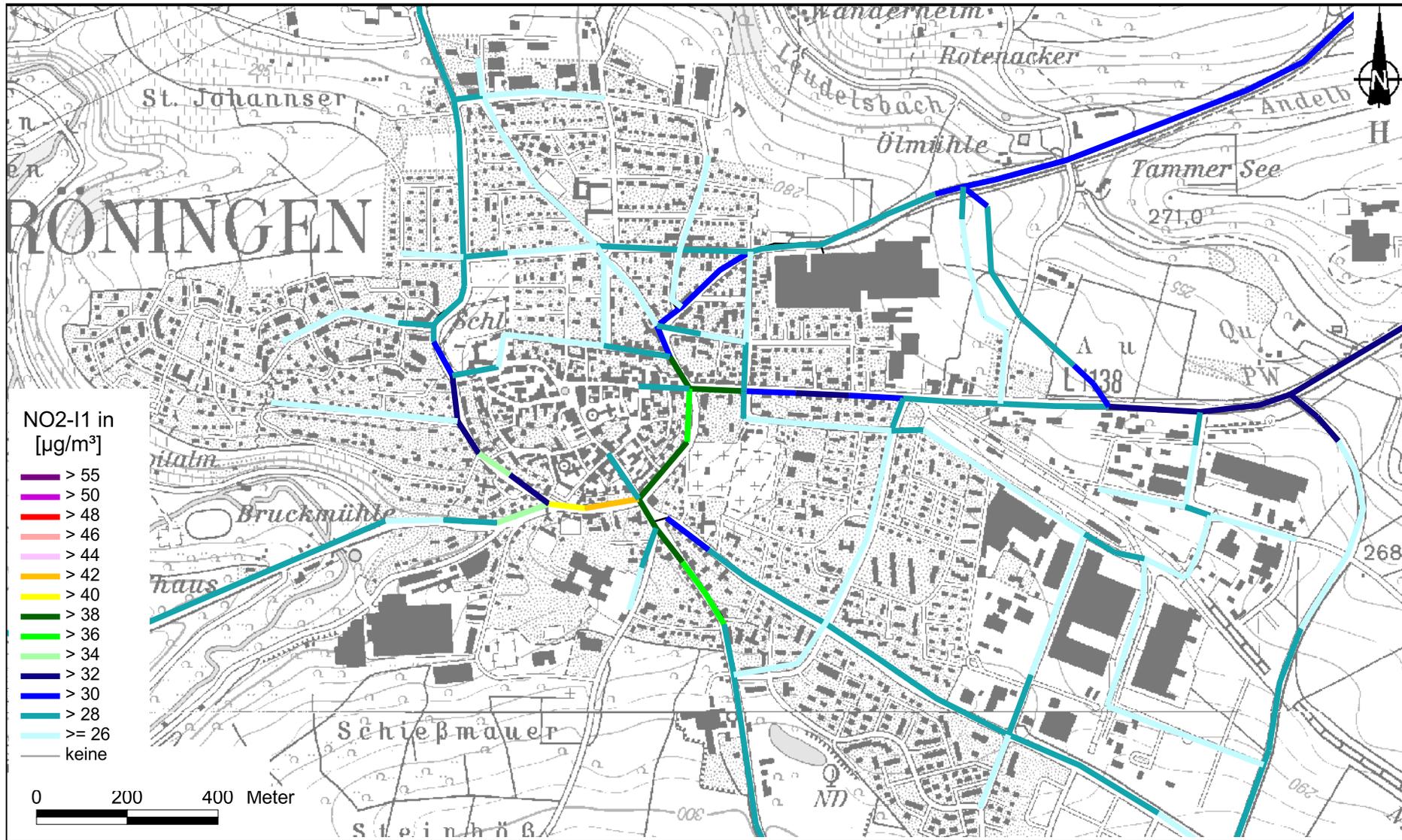


Abb. A2.5: NO2-I1-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Planfall M1 (P2) + M2 Stufe 2 im Jahr 2013

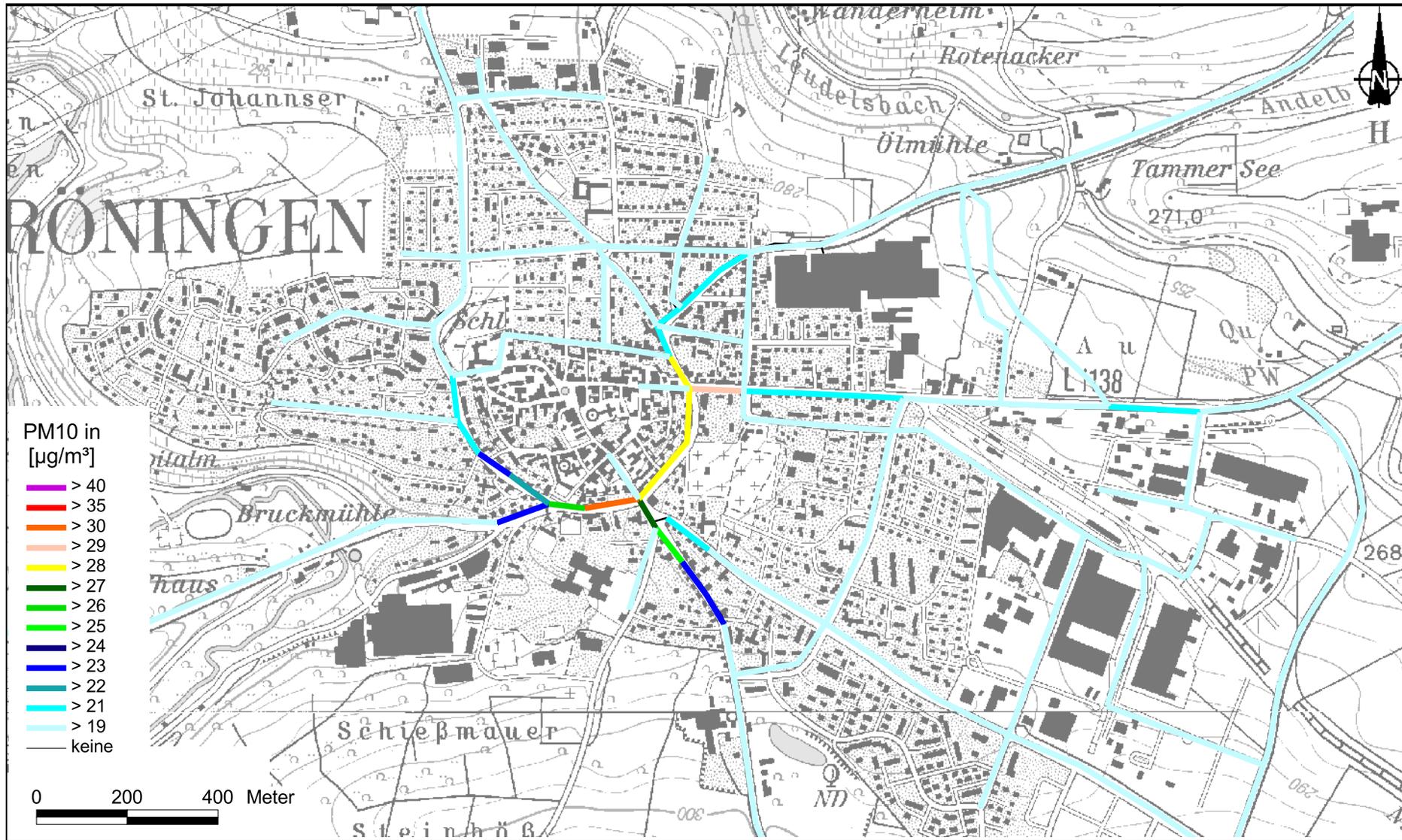


Abb. A2.6: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Nullfall im Jahr 2011

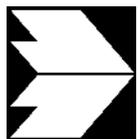
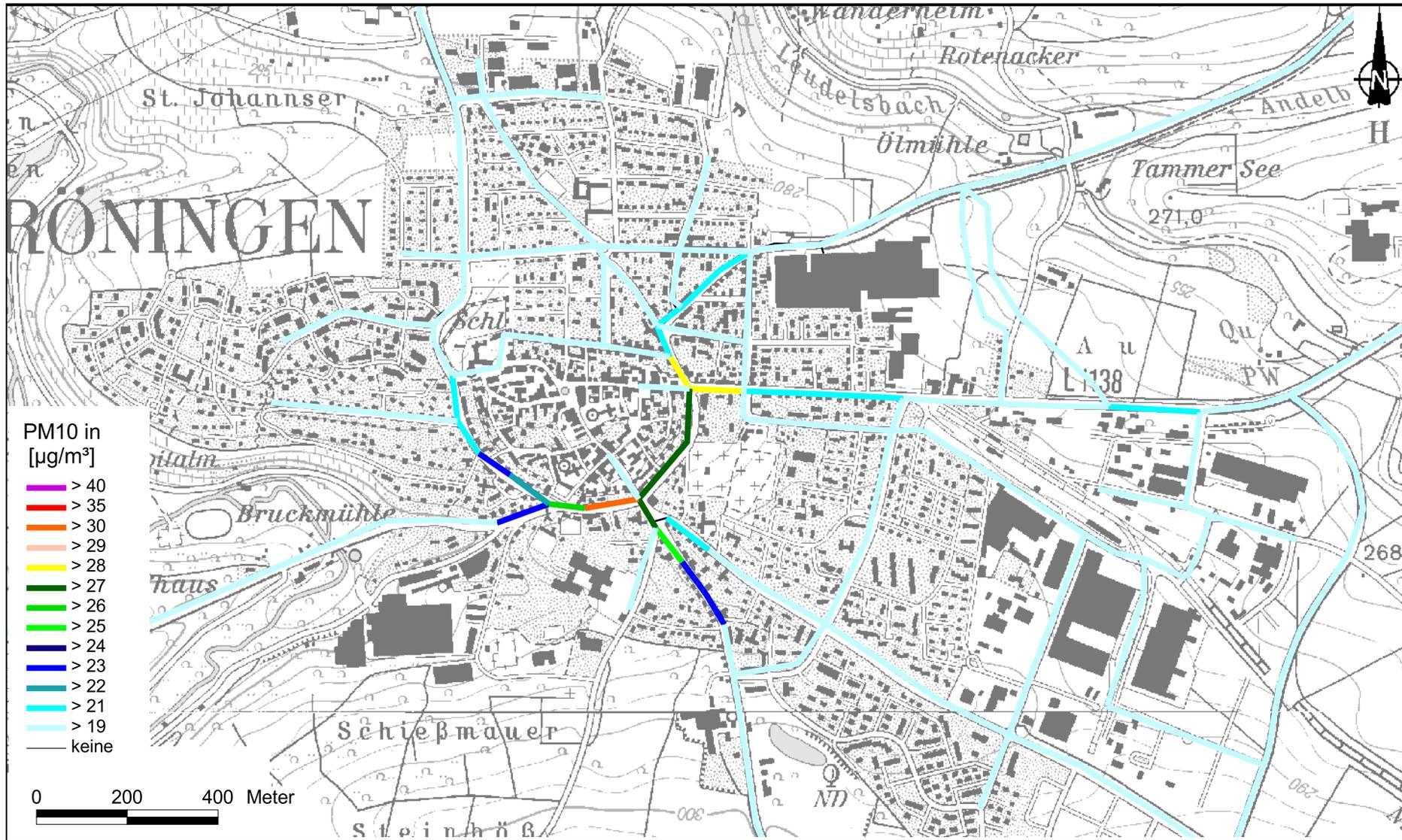


Abb. A2.7: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Planfall M1 (P1) im Jahr 2011

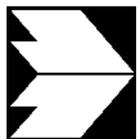
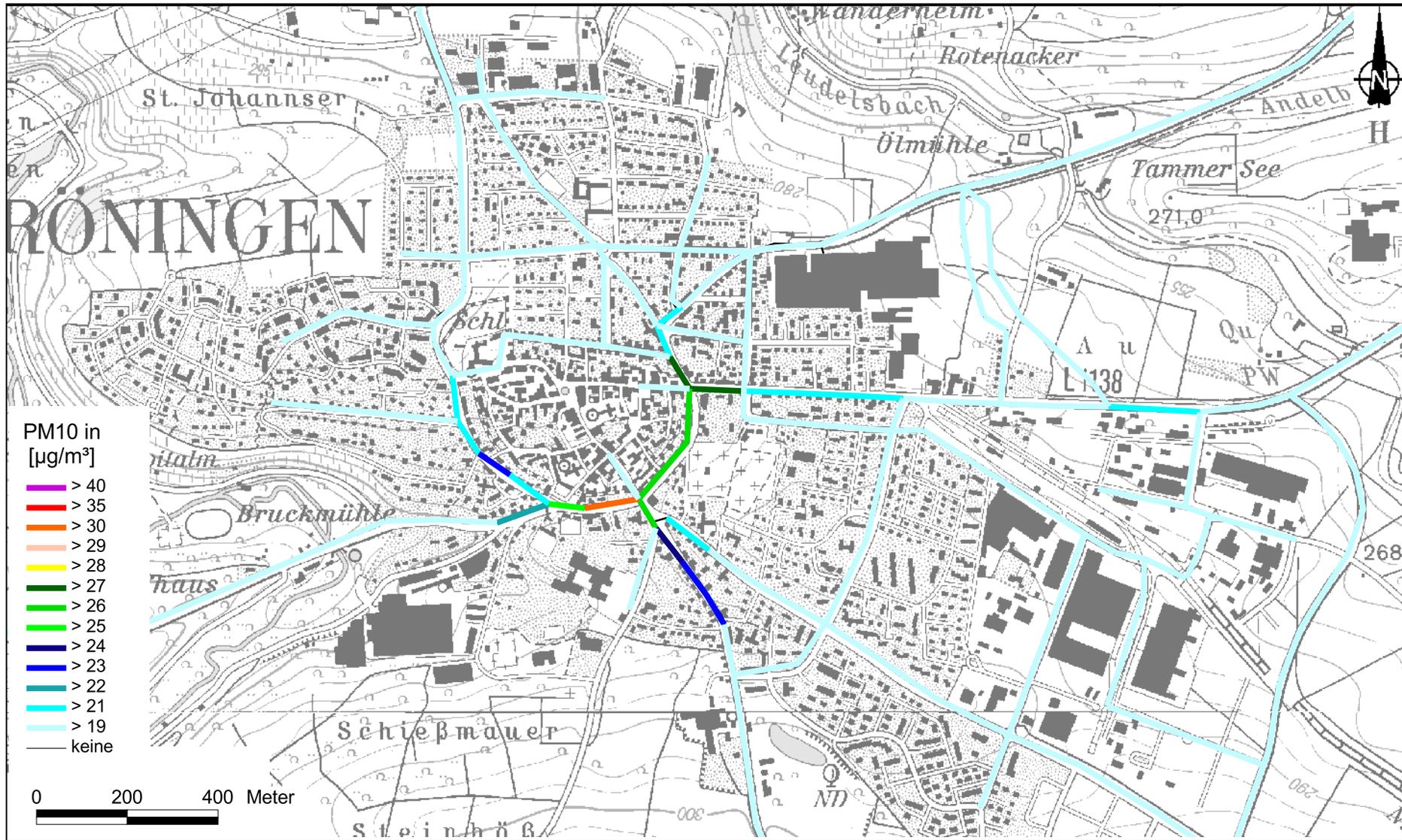


Abb. A2.8: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Planfall M1 (P2) im Jahr 2011

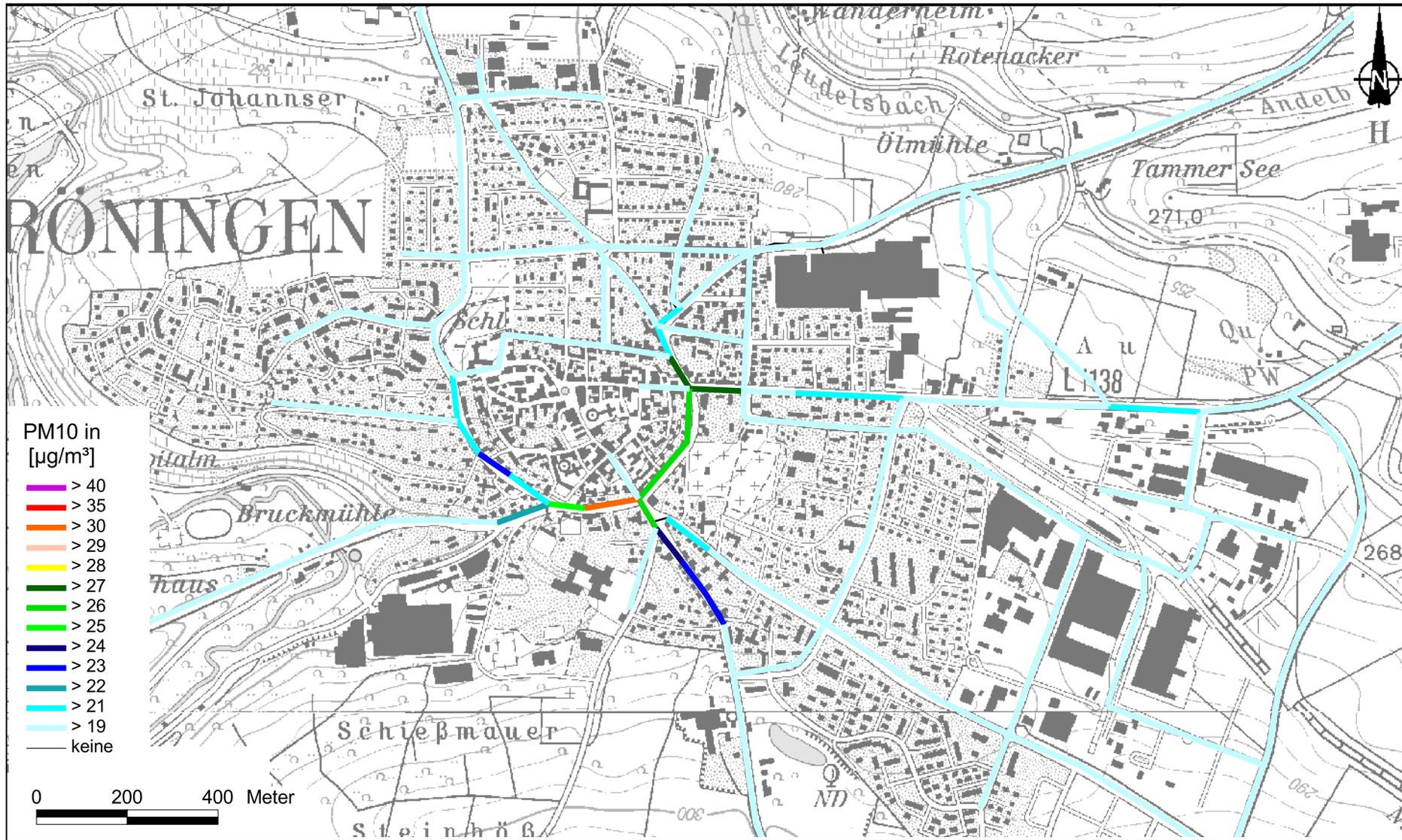


Abb. A2.9: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Planfall M1 (P2) + M2 Stufe 1 im Jahr 2011

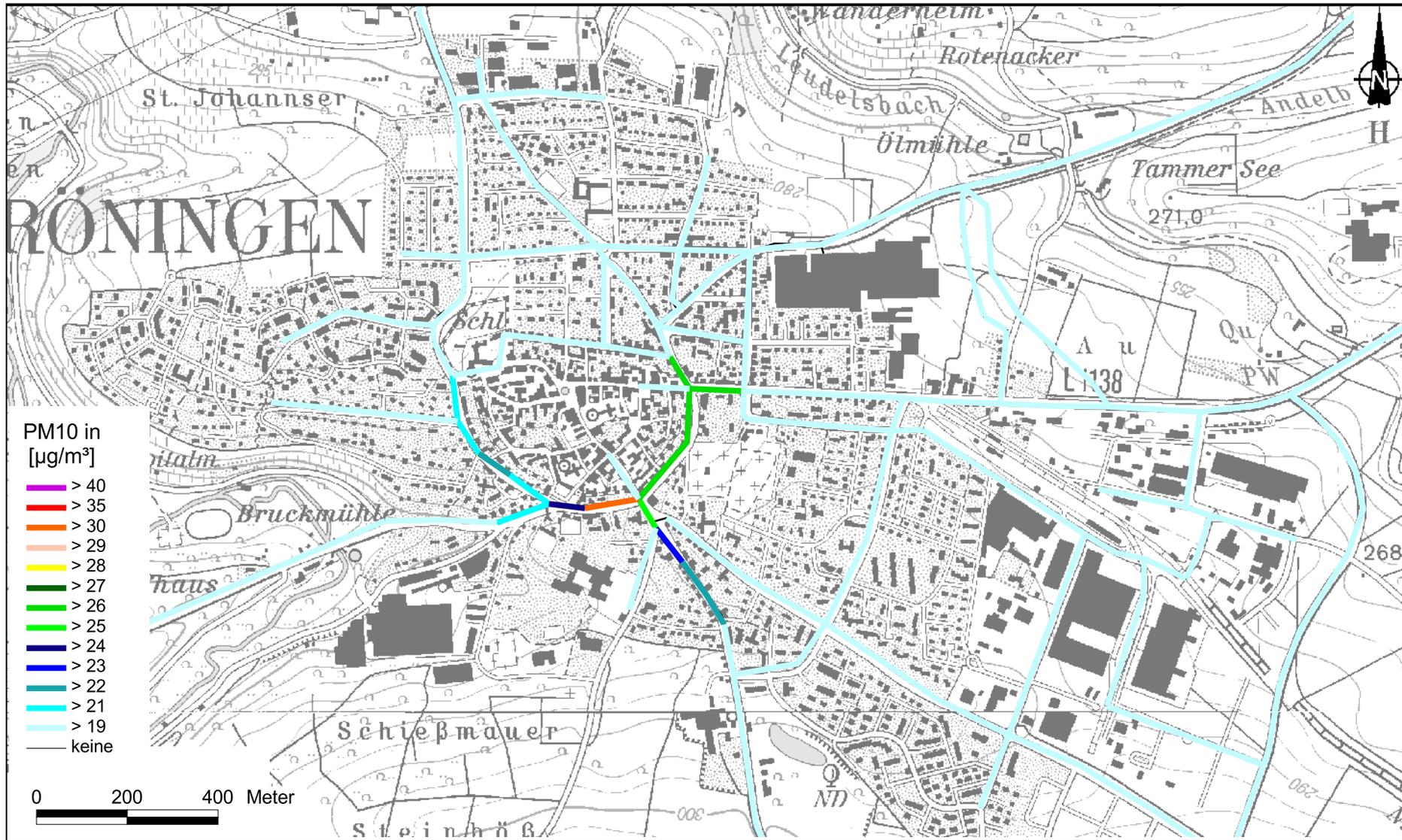


Abb. A2.10: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Planfall M1 (P2) + M2 Stufe 2 im Jahr 2013

AN H A N G A3:
ERMITTELUNG DER AUSWIRKUNGEN DER MAßNAHMEN
AUF DIE LÄRMEMISSIONEN

A3 ERMITTLUNG DER AUSWIRKUNGEN DER MAßNAHMEN AUF DIE LÄRMEMISSIONEN

A3.1 Berechnung

Die Berechnungen der Lärmemissionen erfolgen auf der Grundlage der Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90, 1990). Unter Berücksichtigung von Verkehrsmenge (DTV), LKW-Anteil, der zulässigen Fahrgeschwindigkeit, der Beschaffung der Straßenoberfläche, Steigung und Lichtsignalanlagen wurden die Emissionen des Lärms für Tages- und Nachtstunden getrennt ermittelt (Tag 06:00 – 22:00 Uhr, Nacht 22:00 – 06:00 Uhr). Die Berechnung erfolgte für den Nullfall und die Planfälle M1 (P1) und M1 (P2) anhand der zu Verfügung gestellten DTV- und LKW- Daten. Da diese nicht getrennt nach Tag- und Nachtstunden vorliegen, wurden sie mit den in der RLS-90 angegebenen Faktoren umgerechnet.

Aus den Emissionen wurden die Differenzen der beiden Planfälle (M1 (P1) und M1 (P2)) gegenüber dem Nullfall ermittelt.

A3.2 Ergebnisse

In den **Abb. A3.1** und **A3.2** sind die Ergebnisse aus den Lärmberechnungen dargestellt. In **Abb. A3.1** sind die Differenzen des Planfalls M1 (P1) in den Tagstunden gegenüber dem Nullfall gezeigt. In den Nachtstunden werden die gleichen Änderungen abgeleitet; auf graphische Darstellung wird daher verzichtet. Die Lärmänderungen gegenüber dem Nullfall sind gering und liegen im gesamten betrachteten Straßennetz überwiegend unter einer Änderung von 0.5 dB(A), mit Ausnahme der Vaihinger Straße, sowie an der Tammer Straße und der Bahnhofstraße, wo Abnahmen der Lärmemissionen bis etwa 1 dB(A) zu erwarten sind.

In **Abb. A3.2** sind die Differenzen des Planfalls M1 (P2) gegenüber dem Nullfall dargestellt. Die Differenzen der Tageswerte entsprechen auch in diesem Fall den Nachtwerten, weshalb auf eine getrennte graphische Darstellung verzichtet wird. Gegenüber den Differenzen des Planfalls M1 (P1) werden im Planfall M1 (P2) größere Änderungen der Lärmemissionen erwartet. Abnahmen um etwa 1 dB(A) werden an der Schillerstraße, der Unterriexinger Straße, der Münchinger Straße und der Bahnhofstraße Straße erwartet. In der Grabenstraße und der Vaihinger Straße werden Abnahmen der Lärmemissionen um etwa 1.5 dB(A), abschnittsweise auch darüber erwartet. In der Tammer Straße werden Abnahmen der Lärmemissionen bis ca. 2 dB(A) prognostiziert. An der K 1705 und an der Verbindungsstraße

zwischen der K 1671 und der L 1138 werden leichte Zunahmen bis zu ca. 1 dB(A) prognostiziert. Im übrigen Untersuchungsgebiet werden in etwa gleichbleibende Lärmemissionen gegenüber dem Nullfall berechnet.

Die Änderungen der Lärmemissionen sind verhältnismäßig gering. Das menschliche Gehör nimmt Änderungen ab etwa 2.1 dB(A) wahr. Dieser Wert wird nur an einem kurzen Straßenabschnitt an der Vaihinger Straße am Ortsrand von Markgröningen mit der Maßnahme M1 (P2) erreicht.

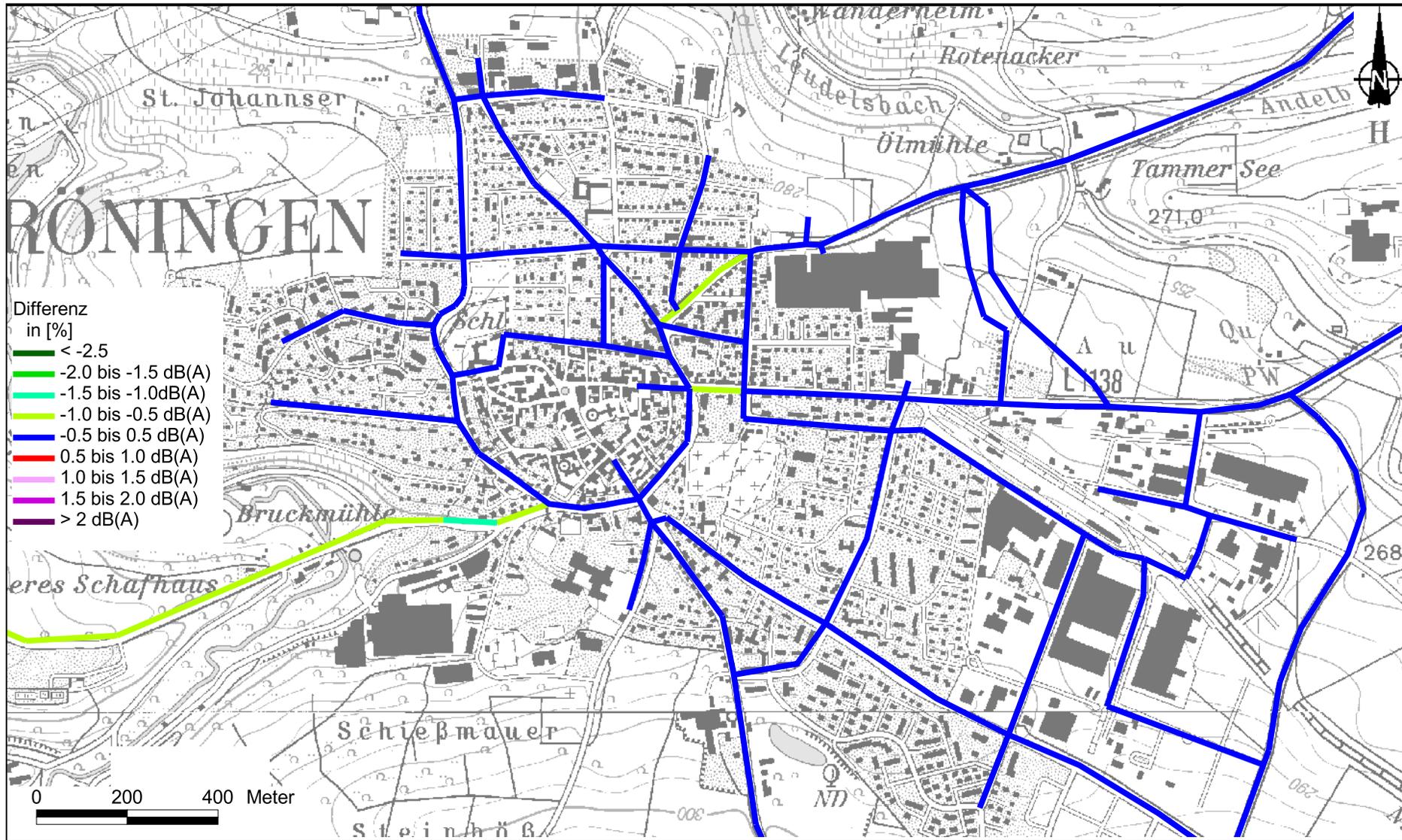


Abb. A3.1: Änderung der Lärmemissionen in Markgröningen mit Maßnahmen M1(P1)

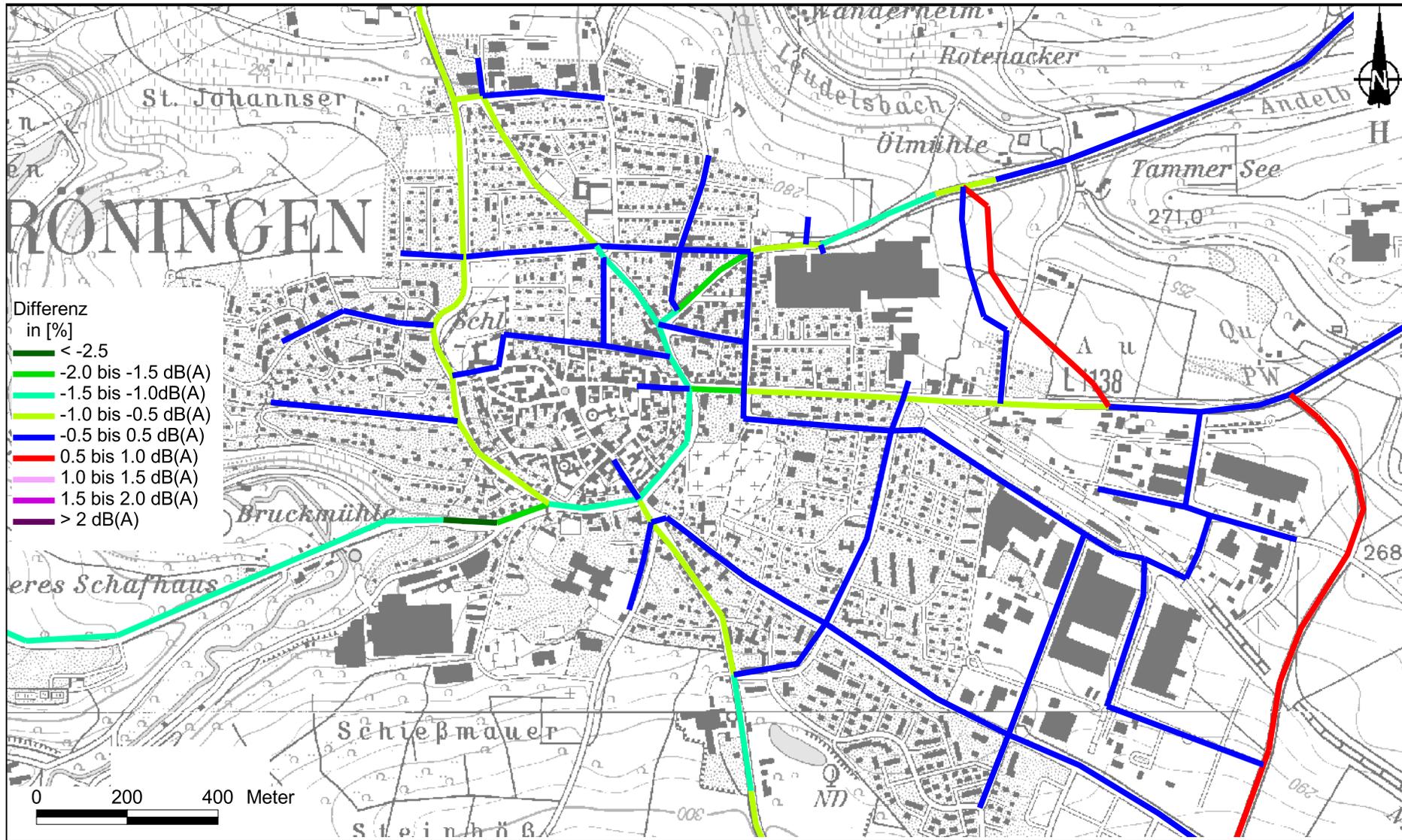


Abb. A3.2: Änderung der Lärmemissionen in Markgröningen mit Maßnahmen M1(P2)